neo-EŬBIOS

εὖ–βιοζ = letteralmente buona vita

16

"Verso la certificazione"

Editoriale

Una "pagella energetica", 30 novembre 1985

Best Class

Presentazione Sacert

Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali

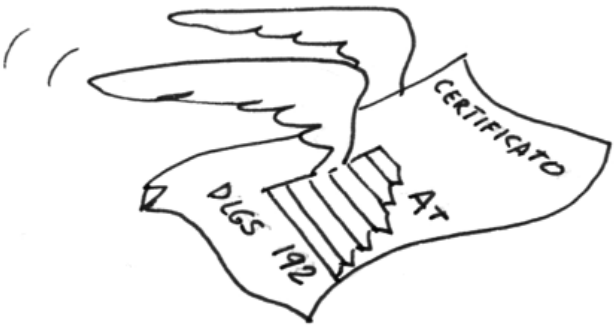
Prestazioni fonoisolanti dei tetti in legno

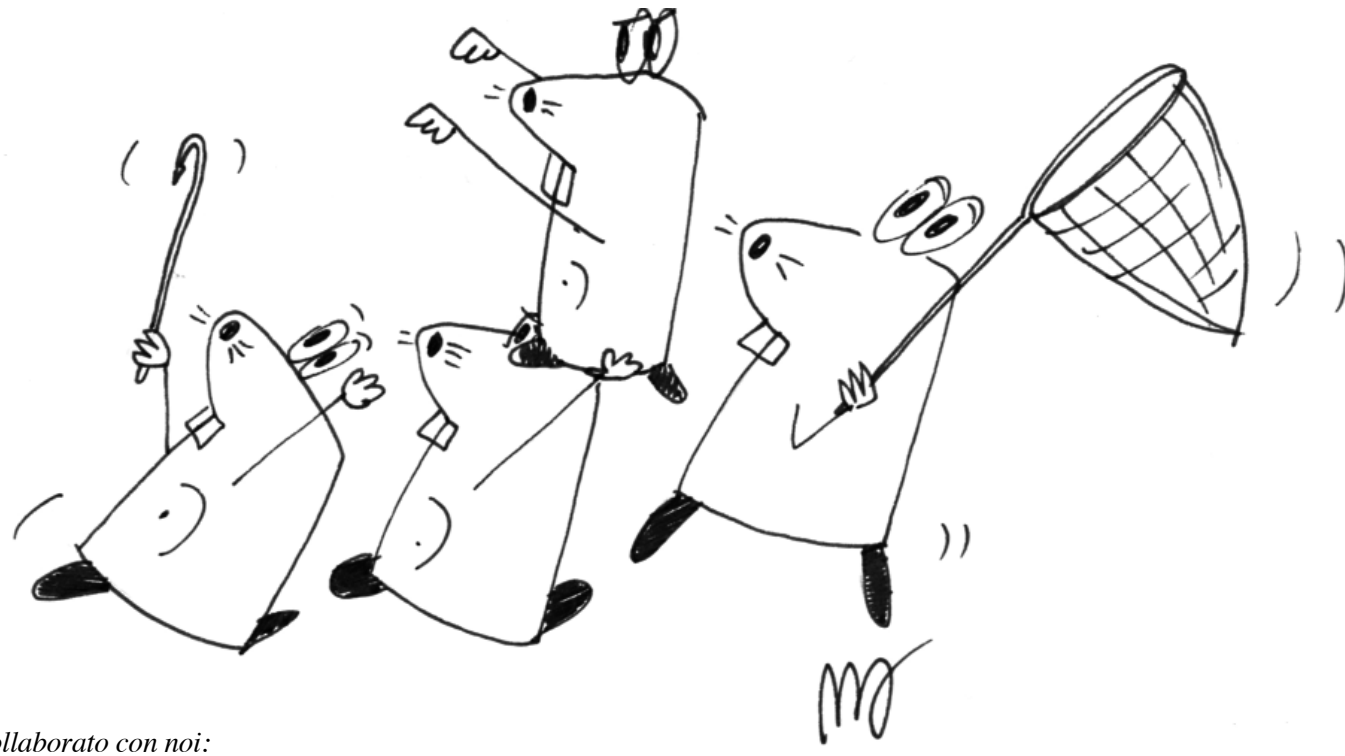
Informativa

Corsi di aggiornamento

Anit shop

Foto di copertina: "Anita" manichino vestito di materiali isolanti naturali e sintetici rappresentati dall'ANIT esposto a KLIMAHOUSE 2006 - realizzazione Susanna Mammi





Hanno collaborato con noi:
Ing. Sergio Mammi: Presidente ANIT
Arch. Giuliano Dall'O, dipartimento BEST - Politecnico di Milano
Ing Sergio Zabot - direttore del settore energia della Provincia di Milano
Ing. Angelo Farina, dipartimento di Ingegneria Industriale - Università degli Studi di Parma
Ing . Antonino Di Bella, dipartimento di Fisica Tecnica - Università degli Studi di Padova
Ing. Nicola Granzotto, dipartimento di Fisica Tecnica - Università degli Studi di Padova
Ing. Cristian Rinaldi, dipartimento di Fisica Tecnica - Università degli Studi di Padova
Ing. Andrea Ferro, Celenit srl - Onara di Tombolo, Padova
Susanna Mammi, TEP srl

Informiamo i lettori che purtroppo a seguito delle nuove disposizioni postali non sarà più possibile spedire gratuitamente la rivista, ad esclusione dei soci ANIT.

Chi fosse interessato a riceverla può richiedere l'abbonamento ai prossimi 4 numeri al prezzo di 24,00 euro (iva inclusa).

Il pagamento potrà essere effettuato:

- su c/c bancario n° 000013435104 intestato a:
  TEP srl, via M. Civitali 77 - 20148 Milano - Banca d'appoggio BANCA INTESA SpA
  Ag. 15, via Cesare Battisti 11 - 20122 Milano - CIN L - ABI 03069 - CAB 09483
- su c/c postale n° 38879201 intestato a:
  TEP srl, via M. Civitali 77 - 20148 Milano.
- collegandosi al sito www.anittep.it, entrando nell'e-commerce

EDITORIALE

Efficienza energetica, primo passo per la sostenibilità

di Sergio Mammi

Spesso si ritiene che efficienza e sostenibilità siano termini antitetici, ma non è così. Occorre osservare che quando si parla di efficienza si presuppone un rendimento, cioè un rapporto tra le risorse impiegate e il risultato ottenibile: il risultato deve essere raggiunto con il minor impiego possibile di risorse.

Quando si parla di sostenibilità quello che conta non è il risultato, almeno non sempre e non per il presente immediato.

Stare al freddo in casa è sostenibile, ma non efficiente. In una casa efficiente invece si mantiene il confort con un ridottissimo impiego di energia. Possiamo quindi affermare che l'efficienza è il primo passo verso la sostenibilità. Va anche osservato che la sostenibilità è prima di tutto misurabile e dimostrabile e non tema di immaginazioni poetiche.

Per esempio è certamente importante considerare l'energia incorporata in un edificio al momento della sua costruzione. Per ogni materiale utilizzato si è spesa energia e altra energia verrà spesa per smaltirlo alla fine della sua vita.

Secondo il libro bianco Enea-Finco recentemente pubblicato sotto gli auspici del Ministero dell'Ambiente, la costruzione di un appartamento costa 5 tonnellate equivalenti di petrolio. Un alloggio poi consuma mediamente 1 tep all'anno per il suo esercizio. In 50 anni quindi il flusso di energia che attraversa una abitazione è superiore a 50 tep.

Il costo energetico di costruzione come si vede è dunque inferiore al 10% del consumo energetico complessivo dell'edificio: giusto preoccuparsi dei consumi iniziali di costruzione, più corretto preoccuparsi prima di tutto delle cose più importanti, cioè i consumi di esercizio. È così che possiamo misurare la sostenibilità, non limitandoci a valutare il solo contenuto energetico dei materiali. Andiamo ora più a fondo nel problema: le 5 tep di costruzione sono dovute a tutti i materiali impiegati nella costruzione, ognuno paga in energia una funzione, un requisito che si vuole ottenere. Gli isolanti termici incidono in questo bilancio per meno del 2 %, mediamente cioè circa 0.1 tep per alloggio, cioè meno del 2 per mille dei consumi totali.

Il contenuto energetico di costruzione è principalmente a carico di altri fattori: lavorazioni (scavi, trasporti, montaggi e manodopera) e materiali (calcestruzzo, laterizi, armature, finiture, impianti ecc). Sono però quasi soltanto i materiali isolanti che consentono di ridurre i consumi totali e possono farlo, dimezzandoli o riducendoli ad un quarto o anche meno.

Appare perciò ingiusto demonizzare i materiali isolanti: le petroliere viaggiano e inquinano i mari dall'Iraq a qui non per produrre materiali isolanti sintetici, come asserisce qualcuno, ma per trasportare quel combustibile che i materiali isolanti invece potrebbero ridurre, fino ad annullare. Limitiamoci a considerare che la sostenibilità dei materiali isolanti è misurabile: un metro quadrato di isolante installato a Milano evita di immettere in atmosfera l'equivalente in CO2 assorbita da un bosco di conifere di 166 m^2. L'isolamento termico di un appartamento equivale ad un bosco di 2 ettari.

Ora è stato promulgato il Dlgs 192 proprio per aumentare l'efficienza degli edifici: troppo facile criticarne i contenuti, è come sparare sulla Crocerossa, meglio concentrarsi sugli aspetti positivi che ci sono, ma bisognerebbe valorizzarne l'impianto generale e alcuni dettagli non marginali.

Chiediamo quattro cose veramente indispensabili e speriamo il legislatore le possa considerare nella redazione dei decreti attuativi:

- che la certificazione energetica, nel tentativo di farla costare poco, non diventi solo un atto formale.
- che venga prescritto un solo metodo di verifica in luogo dei tre attuali.
- che non vengano inventati nuovi metodi e criteri di verifica quando esistono sull'argomento norme europee consolidate (vedi ponti termici, condensazione, effetto della massa)
- che ci si ricordi del vitale problema della ventilazione degli ambienti, ora del tutto ignorato dalla legge.
- che i limiti di legge siano severi e quindi efficaci.

Un auspicio per concludere: che la "clausola di cedevolezza" porti a norme ancora più efficaci per il risparmio energetico e non ad un deleterio localismo.

Maggiori commenti sul testo della legge e una sintesi ragionata in positivo è possibile consultarla e scaricarla dal nostro sito:
www.anit.it

Sabato 30 novembre 1985

CORRIERE MILANESE

Da un convegno proposte concrete sul risparmio di combustibile

Una "pagella energetica" nelle case per riscaldare evitando gli sprechi

Se ne sta parlando anche alla Comunità europea – Chiesta una detrazione fiscale ai proprietari di immobili dove sono stati eseguiti lavori "speciali" – Le inadempienze degli enti pubblici.

L'obbligo del collaudo energetico degli edifici: questa è forse la proposta più interessante scaturita dal convegno che, sotto il patrocinio del Ministero dell'Industria, della Regione Lombardia, della Provincia e del Comune di Milano, si è tenuto ieri nel palazzo delle ex stelline di corso Magenta. Si tratta di una specie di "certificato di buona condotta energetica" o di "pagella energetica" da dare a ogni edificio. L'ipotesi è tutt'altro che campata in aria, anche perché una normativa in argomento è attualmente allo studio in sede di Comunità europea.

Il primo, più facile, passo è quello riguardante gli edifici di nuova costruzione, ma assai più importante può essere il collaudo energetico degli stabili già esistenti. A che serve? Serve a indurre ad applicare gli adempimenti di legge per il risparmio di combustibili nel riscaldamento delle case: risparmio da ottenere con impianti di perfetto funzionamento, con tubazioni isolate, con coibentazione dei muri, e via dicendo.

È chiaro, poi, che chi acquista un immobile, o lo prende in affitto, vorrà dare un'occhiata anche alla "pagella energetica", perché un buon voto su questa pagella significherà non spendere troppo nel riscaldamento dell'immobile. Meglio ancora se si potrà dare una "pagella" ad ogni unità immobiliare, in vista, tra l'altro, di un tipo di riscaldamento regolato autonomamente per ogni appartamento, come ad esempio avviene in Germania.

Un'altra proposta venuta fuori dal convegno (organizzato dall'ANIT - Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico - e al quale sono intervenuti, oltre ad oratori come il presidente del Consorzio regionale IACP, avvocato Giuseppe Sala, l'ingegner Franco Palmizi, il professor Ugo Magrini, l'ingegner Sergio Mammi, vari assessori del Comune e della Provincia, mentre l'introduzione dei lavori è stata svolta dall'assessore regionale all'energia Luciano Forcellini) è stata quella, ormai ricorrente, di una detrazione fiscale. Cioè, chi risparmia energia, migliorando l'impianto di riscaldamento, coibentando l'edificio, isolando le tubazioni, ha diritto a dedurre le relative spese dal reddito dell'edificio. In questo campo, le cose non sono tanto facili in Italia, perché difficilmente il proprietario dell'immobile, che spesso ricava troppo poco da un equo canone bloccato, è indotto a spendere altri soldi - sia pure con qualche beneficio fiscale - sottraendoli da un reddito troppo basso. In altri Paesi, come in Francia e in Belgio, sono in vigore diversi tipi di sconti tributari, ma siamo, lì, in presenza di un mercato più libero degli affitti.

Infine, il convegno ha affrontato il delicato tema delle inadempienze sul risparmio energetico da parte degli enti pubblici e lo stesso Stato. Si dovrebbe imporre, anzitutto agli enti pubblici, la "pagella energetica" dei loro edifici. Ebbene, un disegno di legge, attualmente all'esame del Senato, intende proprio imporre a tutte le amministrazioni pubbliche "di interventre sul loro patrimonio immobiliare appunto per realizzare un contenimento dei consumi energetici"; forse si dovrà aggiungere che ciò avvenga attraverso la "pagella di buona condotta".

Sergio de Mari

24 Sabato 30 novembre 1985

CORRIERE MILANESE

Da un convegno proposte concrete sul risparmio di combustibile

Una «pagella energetica» nelle case per riscaldare evitando gli sprechi

Se ne sta parlando anche alla Comunità europea - Chiesta una detrazione fiscale ai proprietari di immobili dove sono stati eseguiti lavori «speciali» - Le inadempienze degli enti pubblici

BEST CLASS
La procedura di certificazione adottata dalla provincia di Milano

di Giuliano Dall'O

La Direttiva europea 2002/91/CE ha posto al centro dell'attenzione il tema della certificazione energetica degli edifici, considerato da tutti lo strumento più efficace per avviare un mercato di edilizia di qualità dal punto di vista energetico. Il d.lgs. 19 Agosto 2005 n. 192, all'art. 4 stabilisce che per gli edifici di nuova costruzione e per gli edifici oggetto di ristrutturazione, meglio specificati all'art. 3 dello stesso decreto, è resa obbligatoria la certificazione energetica; lo stesso articolo stabilisce che entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore del decreto, attraverso più decreti del Presidente della Repubblica saranno emanati criteri e metodologie di calcolo e requisiti della prestazione energetica.

La Regione Lombardia con la legge 12 dicembre 2003 n. 26, stabilisce che tra le funzioni dei Comuni ci sia anche quella di "[…] rilasciare la certificazione energetica degli edifici civili di cui all'articolo 30 della legge 10/91 […]". La Regione si assume la funzione di "[…] disciplinare le modalità e i criteri per certificare l'efficienza energetica degli edifici". Alcuni comuni nella Regione Lombardia hanno adottato regolamenti edilizi che subordinano il rilascio del certificato di agibilità all'ottenimento della certificazione energetica; negli stessi comuni Attestato e Targa Energetica saranno rilasciate dall'Amministrazione sulla base di una richiesta che potrà essere effettuata dal costruttore o dal proprietario e, per gli edifici esistenti, dal locatario.

La certificazione energetica resa obbligatoria in questi Comuni ha un duplice scopo: evidenziare la qualità energetica degli edifici realizzati dopo l'entrata in vigore del nuovo Regolamento Edilizio; definire degli indicatori prestazionali per erogare incentivi agli edifici di alta qualità energetica.

La Provincia di Milano, allo scopo di diffondere la cultura dell'efficienza energetica in edilizia e di ridurre l'impatto ambientale dovuto alle emissioni legate alla climatizzazione invernale ed alla produzione di acqua calda ad usi sanitari, ha istituito un "Tavolo Energia & Ambiente" finalizzato a promuovere Linee Guida per la redazione di Regolamenti Edilizi comunali sostenibili e schemi di certificazione energetica degli edifici su base volontaria. La procedura proposta in questo documento si applica su base volontaria fino all'emanazione delle norme nazionali o regionali in attuazione della Direttiva 2002-91/CE e del d.lgs. 192/05. La procedura descritta, elaborata all'interno del Dipartimento BEST del Politecnico di Milano, sarà inoltre applicata, sempre in fase transitoria, nei Comuni della Regione Lombardia nei quali il Regolamento Edilizio prevede la certificazione energetica.

1 INTRODUZIONE

La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio.

La certificazione energetica di un edificio è l'attestazione delle sue prestazioni energetiche attraverso un documento che comprende dati di riferimento che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare tali prestazioni, nonché raccomandazioni per il loro miglioramento in termini di costi-benefici. La procedura di certificazione energetica di un edificio comprende le seguenti fasi:

- valutazione energetica dell'edificio;
- classificazione dell'edificio;
- redazione dell'attestato di certificazione energetica.

Questa procedura fornisce:

- un metodo per la valutazione energetica di un edificio basato sul calcolo dei fabbisogni di energia (valutazione di calcolo);
- uno schema di certificazione energetica, comprendente una procedura di classificazione dell'edificio in base ad opportuni valori di riferimento;
- i contenuti e il formato dell'attestato di certificazione energetica;
- i contenuti e il formato della targa energetica da esporre per rendere evidente la qualità energetica dell'edificio in oggetto.

Questa procedura è rivolta:

- agli Enti preposti per la gestione delle procedure di certificazione energetica degli edifici (Enti di accreditamento);
- ai soggetti delegati alla certificazione (tecnici certificatori);
- a progettisti, proprietari, operatori dell'edilizia e utenti per consentire una progettazione energetica dell'edificio coerente con gli obiettivi di raggiungimento di un determinato livello di prestazione energetica.

Lo schema di calcolo per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici si basa essenzialmente sulle metodologie utilizzate standard (vedi riferimenti normativi). Ai soli fini della certificazione energetica, sono state introdotte delle semplificazioni allo scopo di rendere più agevole la procedura di certificazione ma anche e soprattutto per garantire una replicabilità della procedura.
Per comprendere meglio il significato e lo scopo della certificazione energetica è utile fare una distinzione tra due fasi, quella del progetto e quella della certificazione, che pur essendo molto simili e pur basandosi sullo stesso modello hanno finalità diverse.
La fase progettuale ha lo scopo di fornire tutti gli elementi per dimensionare correttamente gli impianti (quindi un calcolo di potenza) verificando altresì che siano rispettati i limiti di consumo energetico fissati dalla legislazione vigente. La certificazione energetica ha, invece, lo scopo di fornire uno o più indicatori di qualità energetica che potranno avere un notevole impatto sul mercato immobiliare. Per garantire la massima trasparenza è indispensabile che il certificatore possa utilizzare una procedura in grado di evitare discrezionalità nella interpretazione delle regole, obiettivo questo difficilmente raggiungibile applicando integralmente i modelli di riferimento utilizzati nella progettazione. Se è vero che la semplificazione può comportare degli errori di valutazione delle prestazioni, è altrettanto vero che i calcoli analitici non rispecchiano comunque mai una situazione reale, che è molto influenzata dal comportamento dell'utente e dal reale funzionamento degli impianti ed in particolare delle prestazioni dei sistemi di regolazione. Se l'obiettivo della certificazione è quello di fornire un indicatore di qualità energetica oggettivo, ossia legato solo all'edificio considerando condizioni operative normalizzate, la certificazione sarebbe poco credibile se le regole e le procedure predisposte per applicarla non garantissero la replicabilità dei risultati: ogni certificatore, applicando la stessa procedura, dovrebbe ottenere lo stesso risultato.
È questo, nella sostanza, lo spirito con il quale è stata elaborata questa procedura, che propone delle semplificazioni, che non devono essere intese come scorciatoie, ma come elementi di maggiore chiarezza il cui scopo è quello di agevolare e diffondere in modo concreto la certificazione energetica degli edifici.

2 SCOPO

Questa procedura definisce:

a) gli usi energetici da prendere in considerazione nella certificazione energetica;
b) la normativa di riferimento, i dati e le ipotesi da adottare nel calcolo delle prestazioni energetiche;
c) le procedure e le modalità di rilievo dei dati in campo;
d) gli indicatori di prestazione energetica da adottare;
e) le procedure da adottare per la classificazione degli edifici;
f) il formato del certificato energetico;
g) il formato della targa energetica.

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

UNI 10347, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante - Metodo di calcolo
UNI 10348, Riscaldamento degli edifici - Rendimenti dei sistemi di riscaldamento - Metodo di calcolo
UNI 10349, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI 10351, Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore
UNI 10355, Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo
UNI EN 410, Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate
UNI EN 673, Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo
UNI EN 832, Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali
UNI EN 13789, Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 6946, Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 7345, Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni
UNI EN ISO 10077-1, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato
UNI EN ISO 10077-2, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai
UNI EN ISO 10211-1, Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Metodi generali di calcolo
UNI EN ISO 10211-2, Ponti termici in edilizia - Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali - Ponti termici lineari
UNI EN ISO 13370, Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 13786, Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 13790, Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento
UNI EN ISO 14683, Ponti termici nelle costruzioni edili - Trasmittanza

termica lineare - Metodi semplificati e valori di progetto
UNI EN ISO 15927-1, Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Medie mensili dei singoli elementi meteorologici

4 TERMINI E DEFINIZIONI

4.1 Edificio
Costruzione abitata considerata nella sua globalità, includendo il suo involucro e i sistemi impiantistici di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria.

4.2 Nuovo edificio
Edificio allo stato di progetto o in costruzione o (per la valutazione di esercizio) costruito troppo recentemente per avere informazioni affidabili circa gli utilizzi energetici.

4.3 Edificio esistente
Edificio costruito, per il quale siano noti o possano essere misurati i dati reali necessari alla valutazione dell'energia utilizzata in accordo con questa norma.

4.4 Prestazione energetica
La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio.

4.5 Certificazione energetica
Valutazione relativa alle prestazioni energetiche di un edificio, fatta secondo uno schema di certificazione.

4.6 Certificato energetico
Attestazione delle prestazioni energetiche di un edificio attraverso un documento che comprende dati di riferimento, che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare tali prestazioni, nonché raccomandazioni per il loro miglioramento in termini di costi-benefici.

4.7 Targa energetica
Attestazione delle prestazioni energetiche di un edificio attraverso una targa che evidenzia la classe energetica e che consenta ai consumatori di valutare e raffrontare le prestazioni.

4.8 Classe energetica
Scala di valori (da "A" a "G"), usata per rappresentare l'efficienza energetica di un edificio.

4.9 Indicatore di prestazione globale
Indicatore che esprime la prestazione di un intero edificio includendo i sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento.

4.10 Valutazione standard
Valutazione basata sul calcolo dell'energia utilizzata da un edificio per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria ed illuminazione, con dati di ingresso riferiti all'edificio come costruito e alle condizioni standard del clima interno ed esterno e di occupazione. Essa rappresenta il potenziale energetico intrinseco dell'edificio rilevante ai fini della certificazione energetica.

4.11 Valutazione di progetto
Valutazione basata sugli schemi dell'edificio (piante,sezioni, ecc.) e sui valori di progetto, calcolati per un edificio nella fase di progetto.

4.12 Area climatizzata
Area del pavimento degli spazi riscaldati o raffrescati, esclusi i locali (cantine) non abitabili, compresa l'area del pavimento di tutti i piani se più di uno.

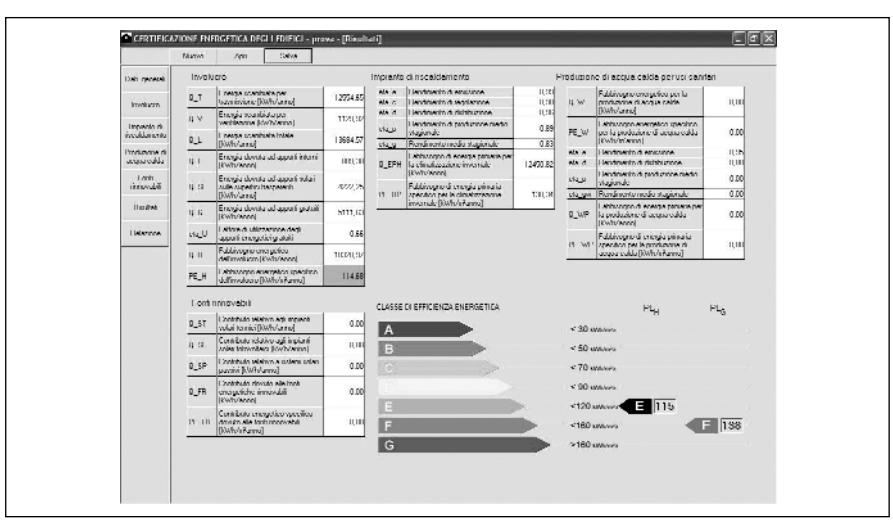
4.13 Area climatizzata di involucro
Area globale che racchiude completamente uno spazio climatizzato.

4.14 Dimensione interna (netta)
Lunghezza misurata da muro a muro e da pavimento a soffitto all'interno di ciascun ambiente dell'edificio.

4.15 Dimensione interna totale (lorda)
Lunghezza misurata all'interno dell'edificio, ignorando le partizioni interne.

4.16 Dimensione esterna
Lunghezza misurata sull'esterno dell'edificio.

4.17 Temperatura interna di progetto
Temperatura dell'aria prevista in progetto, è pari a 20°C per gli edifici residenziali e funzione dell'utilizzo prevalente per le altre destinazioni d'uso.



Software Class per l'applicazione della procedura

5 SIMBOLI E UNITÀ DI MISURA

Simbolo	Grandezza fisica	Unità di misura
A	area	m^2
V	Volume	m^3
f	fattore	-
I	radiazione solare incidente	kWh/m^2 anno
IC	indicatore di classificazione	_
PE	indicatore di prestazione energetica	kWh/m^2 anno
H	Coefficiente di dispersione termica	W/K
U	trasmittanza termica	W/m^2K
_	Rendimento – fattore di utilizzazione	-
Q	energia	kWh
_	temperatura	°C

Prospetto 1: Simboli e unità di misura

Simbolo	Descrizione	Simbolo	Descrizione
E	involucro	e	emissione
G	globale	c	regolazione
H	riscaldamento	d	distribuzione
FR	Fonti rinnovabili	p	produzione
P	primaria	s	accumulo
I	interni		
SI	solari interni		
V	ventilazione		
W	acqua calda		
D	trasmissione		
L	lordo		
N	netto	SUP	superficie
U	utile	VOL	volume

Prospetto 2: Pedici

6 SCHEMA DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

6.1 Campo di applicazione

La certificazione energetica dovrà essere applicata nelle seguenti situazioni:
- costruzione di nuovi edifici;
- ristrutturazione di edifici esistenti;

Potrà essere applicata, inoltre, nei casi di:
- compravendita;
- locazione.

La procedura descritta è applicabile agli edifici residenziali o assimilabili come alberghi , edifici socio assistenziali , ecc. È, inoltre, applicabile agli edifici pubblici e agli uffici non provvisti di impianti centralizzati di climatizzazione estiva .

La procedura non è applicabile agli edifici dotati di impianti di climatizzazione come uffici, strutture commerciali della grande distribuzione, e agli impianti sportivi e ai capannoni industriali.

Per appartamenti e unità abitative all'interno di condomini, la certificazione potrà essere basata anche sulla valutazione della singola unità abitativa. In questo caso saranno prodotti i seguenti documenti:
- un Attestato di Certificazione Energetica per l'intero edificio;
- una Targa Energetica riferita all'intero edificio;
- un Attestato di Certificazione Energetica per ciascuna unità abitativa.

6.2 Base della valutazione energetica

Gli usi di energia da considerare nella certificazione energetica sono i seguenti:
- riscaldamento;
- ventilazione;
- acqua calda igienico-sanitaria.

L'energia utilizzata per altri scopi (apparecchiature elettriche, elettrodomestici, processi industriali) in questa procedura di certificazione non viene considerata. Nella definizione degli indicatori di prestazione energetica si considerano anche gli apporti energetici dovuti alle fonti rinnovabili di energia ed in particolare:
- impianti solari termici;
- sistemi solari passivi;
- impianti solari fotovoltaici.

6.3 Indicatori di prestazione energetica

Nel prospetto 3 sono riportati gli indicatori di prestazione energetica. Tali valori sono da intendersi come valori di riferimento convenzionali e sono calcolati in base a valutazioni su dati climatici e d'uso standard; pertanto non sono confrontabili con i dati di consumo energetico reali dell'edificio. Ognuno di essi è calcolato dal rapporto tra l'energia considerata (intesa come fabbisogno energetico annuo) e la superficie utile A_U. L'unità di misura utilizzata per tutti gli indicatori è il kWh/m^2 anno. Il fabbisogno energetico specifico dell'involucro è calcolato con la relazione:

$$PE_H = Q_H / A_U \qquad [1]$$

Dove:

Q_H è il fabbisogno energetico del-

Indicatore	Simbolo	Descrizione
Fabbisogno energetico specifico involucro	PE_H	Definisce le caratteristiche dell'involucro, tiene conto delle dispersioni di calore, ma anche degli eventuali apporti gratuiti dovuti alla radiazione solare (pareti opache e trasparenti) e gli apporti interni.
Fabbisogno di energia primaria specifico climatizzazione invernale	PE_{HP}	Definisce il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e considera i rendimenti del sistema di climatizzazione.
Fabbisogno energetico specifico acqua calda sanitaria	PE_W	Definisce il fabbisogno di energia per la produzione di acqua calda sanitaria: si fa riferimento a consumi standard.
Fabbisogno energia primaria specifico per la produzione di acqua calda sanitaria	PE_{WP}	Definisce il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria e tiene conto, quindi, dei rendimenti degli impianti.
Contributo energetico specifico dovuto alle fonti rinnovabili	PE_{FR}	Definisce il contributo energetico dovuto alle fonti rinnovabili. Considera normalmente il contributo energetico dovuto agli impianti solari termici, agli impianti solari fotovoltaici e all'eventuale contributo energetico dovuto a sistemi solari passivi
Fabbisogno specifico globale di energia primaria	PE_G	Somma del fabbisogno di energia primaria per riscaldamento (PE_{HP}) e di quello per la produzione di acqua calda (PE_{WP}) al quale vengono eventualmente detratti i contributi energetici dovuti alle fonti rinnovabili (PE_{TP})

Prospetto 2: Pedici

l'involucro riferito all'intera stagione di riscaldamento definito dalla [7].
Il fabbisogno di energia primaria specifico per la climatizzazione invernale è calcolato con la relazione:

$$PE_{HP} = Q_{EPH} / A_U \qquad [2]$$

Dove:
Q_{EPH} è il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale riferito all'intera stagione di riscaldamento definito dalla [20].
Il fabbisogno energetico specifico per la produzione di acqua calda è calcolato con la relazione:

$$PE_W = Q_W / A_U \qquad [3]$$

Dove:
Q_W è il fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda ad usi sanitari definito dalla [22].
Il fabbisogno di energia primaria specifico per la produzione di acqua calda ad usi sanitari è calcolato con la relazione:

$$PE_{WP} = Q_{WP} / A_U \qquad [4]$$

Dove:
Q_W è il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda ad usi sanitari definito dalla [22].
Il contributo energetico specifico dovuto alle fonti rinnovabili è calcolato con la relazione:

$$PE_{FR} = Q_{FR} / A_U \qquad [5]$$

Dove:
Q_{FR} è il contributo energetico dovuto alle fonti rinnovabili definito dalla [25].
Il fabbisogno specifico globale di energia primaria è calcolato con la relazione:

$$PE_G = (PE_{HP} + PE_{WP}) - PE_{FR} \qquad [6]$$

6.4 Indicatori di classificazione energetica

Considerando le caratteristiche climatiche delle località in Regione Lombardia (Zona climatica E) sono definiti i seguenti indicatori di classificazione energetica:
Gli indicatori di classificazione energetica saranno utilizzati per l'attestato di certificazione energetica e per la targa energetica.
Nell'Attestato di Certificazione Energetica saranno considerati due indicatori di classificazione energetica:

- l'indicatore relativo al fabbisogno specifico energetico dell'involucro (PE_H);
- l'indicatore relativo al fabbisogno di energia primaria (PE_G).

Classe A	Fabbisogno energetico	≤ 30	kWh/m² anno
Classe B	Fabbisogno energetico	≤ 50	kWh/m² anno
Classe C	Fabbisogno energetico	≤ 70	kWh/m² anno
Classe D	Fabbisogno energetico	≤ 90	kWh/m² anno
Classe E	Fabbisogno energetico	≤ 120	kWh/m² anno
Classe F	Fabbisogno energetico	≤ 160	kWh/m² anno
Classe G	Fabbisogno energetico	> 160	kWh/m² anno

Nella Targa Energetica sarà considerato solo l'indicatore relativo al fabbisogno specifico energetico dell'involucro (PE_H). Gli schemi per l'attestato di certificazione energetica e la targa energetica dell'edificio sono riportati rispettivamente nelle appendici A e B. Per gli edifici con un fabbisogno di energia primaria inferiore a 15 kWh/m^2 anno all'indicatore di classe A è aggiunta la dizione "casa passiva".

6.5 Aspetti applicativi

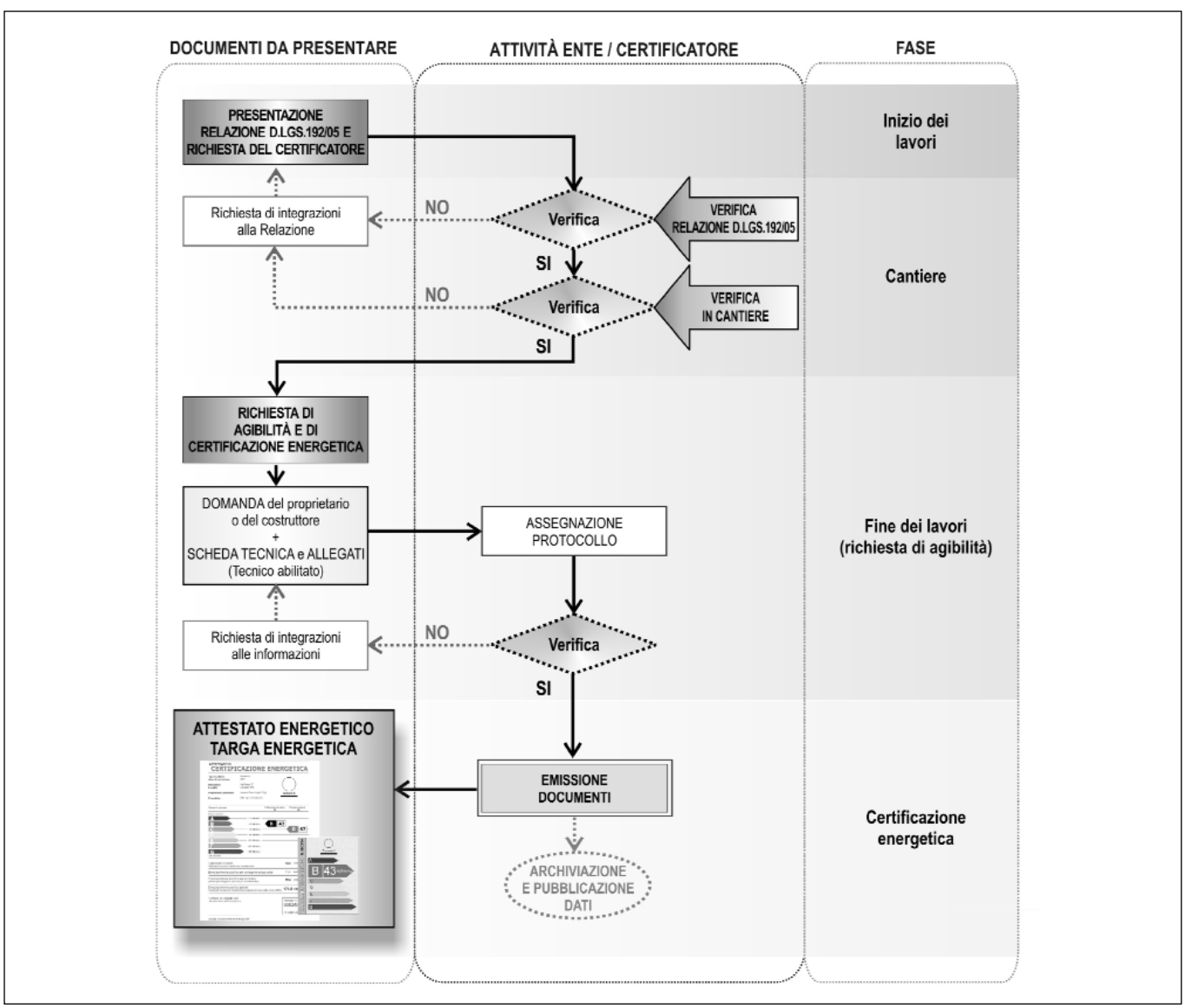
La procedura di certificazione energetica proposta riguarda i nuovi edifici, quelli che hanno subito una ristrutturazione (per i quali è comunque richiesta una relazione di calcolo e verifica ai sensi della legge) e quelli esistenti. L'approccio operativo, des-critto nel presente paragrafo, cambia nei diversi casi.

6.5.1 Edifici nuovi o ristrutturati

Lo schema a blocchi riportato in figura riporta la procedura da applicare nel caso in cui si certifichino edifici nuovi o ristrutturati. La Direttiva europea 2002-91-CE prescrive all'articolo 10 (Esperti indipendenti) che "[...] gli Stati membri si assicurino che la certificazione degli edifici …omissis …. vengano effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o riconosciuti, qualora operino come imprenditori individuali o impiegati di enti pubblici o di organismi privati". Si ritiene utile distinguere nettamente la progettazione dalla certificazione: quest'ultima deve fare riferimento a una procedura normalizzata e univoca.

Nel caso di edifici nuovi o ristrutturati, tuttavia, è opportuno che la certificazione energetica si configuri anche come attività di supporto e verifica della progettazione e della successiva realizzazione. È per questo che, con riferimento allo schema della figura 1, si prevedono tre fasi:

- una prima fase che prevede la verifica del progetto;
- una seconda fase che prevede la di verifica in cantiere;
- una terza fase che prevede l'emissione dei documenti attestanti la qualità energetica dell'edificio (Attestato di Certificazione Energetica e Targa Energetica).



L'Ente preposto per la gestione dei documenti relativi alla certificazione energetica è l'Amministrazione comunale o un Ente di Accreditamento per la certificazione energetica. Il costruttore è tenuto a richiedere all'Amministrazione comunale o all'Ente di Accreditamento la nomina di un certificatore. L'amministrazione comunale dovrà individuare il certificatore nell'apposito albo predisposto dall'ente di accreditamento. Il certificatore dovrà essere indipendente rispetto all'edificio oggetto della certificazione. Il certificatore nella sua analisi, dovrà accertare l'assoluta coerenza tra ciò che viene progettato e ciò che viene realizzato. Il certificatore svolgerà il proprio compito per conto dell'Ammini-strazione comunale, la quale si rivarrà sul costruttore, per il rimborso delle spese sostenute, nell'ambito degli oneri di urbanizzazione. Il progettista dovrà fornire al certificatore per consentire la verifica del progetto, unitamente alla copia della relazione di calcolo ai sensi della legge vigente, una scheda tecnica contenente le informazioni sulle caratteristiche geometriche e termofisiche dell'edificio. Le informazioni fornite utilizzando il modello riportato nell'Appendice D riguarderanno i seguenti parametri: La verifica in cantiere è ritenuta indispensabie dal momento che risulterebbe difficile, a edificio completato, verificare la presenza delle coibentazioni all'interno delle strutture di tamponamento. Qualora tale visita/e non consenta di verificare l'effettivo livello di coibentazione adottato per le strutture, si dovrà ricorrere a ispezioni mediante carotaggio o mediante misura della trasmittanza in opera con il metodo dei termoflussimetri (ISO 9869).

Il Direttore dei Lavori segnalerà all'Ufficio Tecnico Comunale il momento in cui vengono installati i materiali isolanti all'interno delle strutture allo scopo di organizzare la visita da parte del certificatore.

Il certificatore dovrà concordare con il Direttore Lavori un programma di ispezioni in cantiere. Nel caso di edifici complessi è possibile che il verificatore possa effettuare anche più di una visita. A lavori ultimati il costruttore o il proprietario dovranno chiedere all'Amministrazione comunale il rilascio dei documenti attestanti la qualità energetica dell'edificio. Contestualmente tale documentazione verrà resa pubblica attraverso la pubblicazione su un apposito sito internet a cura dell'ente di accreditamento. La Targa Energetica, che riguarderà le caratteristiche prestazionali dell'intero edificio, dovrà essere obbligatoriamente esposta. L'Attestato di Certificazione Energetica riguarderà l'intero edificio, tuttavia il costruttore potrà richiedere degli attestati di certificazione energetica per le singole unità immobiliare (considerando la posizione delle diverse unità immobiliari e quindi i diversi rapporti superficie disperente/volume è molto probabile che gli indicatori di qualità energetica riferiti alle singole unità immobiliari siano diversi). L'Amministrazione comunale, o per essa l'Ente di accreditamento, conserveranno i dati relativi alla certificazione energetica. Nel caso di edifici pubblici questi sono tenuti al rinnovo del certificato energetico alla sua scadenza (è prevista una validità di 10 anni in coerenza con quanto stabilito dalla Direttiva 2002-91-CE).

6.5.2 Edifici esistenti

Negli edifici esistenti non è ovviamente possibile effettuare le verifiche durante la realizzazione. Il certificatore dovrà quindi effettuare tutti i rilievi necessari per definire gli indicatori di prestazione energetica. Per quanto riguarda le caratteristiche delle strutture che definiscono l'involucro, nel caso in cui non ci sia la certezza riguardo alle stratigrafie è opportuno fare riferimento ai parametri termici riportati in appendice D, oppure provvedere a misure in opera della trasmittanza (ISO 9869).

7 CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

Le caratteristiche geometriche dell'edificio, o della parte di edificio oggetto della Certificazione Energetica fanno riferimento a:

- Volume lordo riscaldato (comprendente murature esterne, partizioni interne, solette);
- Superficie lorda riscaldata (comprendente murature esterne e partizioni interne.

Per il calcolo della ventilazione si utilizza come riferimento il volume netto, così come nella definizione degli indicatori di consumo o di prestazione energetica si utilizza la superficie utile abitabile. I valori netti o utili dei volumi o delle superfici ai soli fini del calcolo della ventilazione si ottengono, in funzione della tecnologia costruttiva dell'edificio, moltiplicando i valori riferiti al lordo per i coefficienti f_{SUP} e f_{VOL} riportati nel prospetto 4.

7.1 Climatizzazione invernale fabbisogno energetico

Per la climatizzazione invernale il fabbisogno energetico dell'involucro Q_H riferito all'intera stagione di riscaldamento è definito dalla seguente equazione di bilancio:

$$Q_H = (Q_L) - \eta_U (Q_G) \qquad [7]$$

Dove:

Q_L è l'energia scambiata totale (trasmissione + ventilazione);

Q_G è l'energia dovuta agli apporti gratuiti;

η_U è il fattore di utilizzazione degli apporti energetici gratuiti.

L'energia scambiata totale Q_L è

Tecnologia costruttiva	f_{SUP}	f_{VOL}
Costruzione leggera	0,90	0,80
Costruzione media	0,85	0,75
Costruzione pesante	0,80	0,70

Prospetto 4: Fattori correttivi per superficie volumi

data da:

$$Q_L = Q_T + Q_V \qquad [8]$$

Dove:
Q_T è l'energia scambiata per trasmissione;
Q_V è l'energia dovuta alla ventilazione;
L'energia dovuta agli apporti gratuiti Q_G è data da:

$$Q_G = Q_I + Q_{SI} \qquad [9]$$

Dove:
Q_I è l'energia dovuta agli apporti interni;
Q_{SI} è l'energia dovuta agli apporti solari sulle superfici trasparenti.
Si considerano gli apporti gratuiti dovuti all'effetto della radiazione solare sulle superfici opache. L'energia scambiata per trasmissione durante la stagione di riscaldamento è data dalla relazione:

$$Q_T = \sum_k H_{T,k}\, GG\, 0{,}024 \qquad [10]$$

Dove:
$H_{T,k}$ è il coefficiente di dispersione termica per trasmissione della zona k dell'edificio;
GG sono i gradi giorno convenzionali della località considerata.
Per la certificazione energetica si considera un mantenimento della temperatura interna di progetto costante nelle 24 ore.
Il coefficiente di dispersione termica per trasmissione dell'edificio tiene conto:
- delle dispersioni di calore attraverso le strutture che separano l'ambiente considerato dall'ambiente esterno;
- delle dispersioni di calore verso il terreno;
- delle dispersioni di calore attraverso locali non climatizzati.

Per la certificazione energetica il coefficiente di dispersione termica per trasmissione viene calcolato dalla relazione:

$$H_T = \sum_i A_i\, U_i\, f_{T,i} \qquad [11]$$

Dove:
A_i è l'area dell'elemento i dell'involucro;
U_i è la trasmittanza termica dell'elemento i dell'involucro; tale trasmittanza tiene conto anche dei ponti termici eventualmente presenti e risulta superiore, quindi, alla trasmittaza del solo elemento;
$f_{T,i}$ fattore correttivo che tiene conto del fatto che alcuni ambienti si possono trovare ad una temperatura diversa da quella esterna di progetto (ad esempio locali non riscaldati, terreno, ecc.); nel caso in cui l'elemento considerato confina con l'ambiente esterno il fattore $f_{T,i}$ è pari a 1 (i fattori correttivi da utilizzare nella [11] sono riportati nel prospetto 5.
Per il calcolo finalizzato alla certificazione energetica degli edifici si introducono le seguenti semplificazioni:
- i ponti termici non vengono considerati separatamente: di essi se ne tiene conto in modo indiretto incrementando il valore della trasmittanza termica (indicati nel prospetto C7) e considerando come aree degli elementi le dimensioni lorde;
- per gli elementi dell'involucro che separano l'ambiente climatizzato dal terreno si utilizza sempre la [5].

La ventilazione
Il rinnovo dell'aria degli ambienti comporta un consumo di energia.
Il risparmio di tale energia non può essere conseguito riducendo il tasso di ventilazione degli ambienti per non compromettere il benessere e la salubrità degli ambienti stessi. Pertanto ai fini della qualificazione energetica dell'edificio si ipotizza un tasso di ventilazione convenzionale (indipendente cioè dal comportamento reale dell'utenza) che fa riferimento a un utilizzo standard dell'edificio e alle seguenti condizioni:
A edifici privi di impianto di ventilazione meccanica;
A1 muniti di serramenti non classificati ai fini della tenuta all'aria e al vento;
A2 muniti di serramenti classificati;
B edifici muniti di impianto di ventilazione meccanica;
B1 ventilazione discontinua;
B2 continua con bocchette igroregolabili;
B3 a doppio flusso con recuperatore di calore.
L'energia convenzionalmente scambiata per ventilazione Q_V è data dalla relazione:

$$Q_V = \sum_k H_{V,k}\, GG\, .\, 0{,}024\, .\, (1-\eta_{RCV}) \qquad [12]$$

Dove:
$H_{V,k}$ è il coefficiente di dispersione termica per ventilazione della zona k dell'edificio;
GG sono i gradi giorno convenzionali della località considerata;
η_{RCV} è il rendimento medio stagionale di un eventuale recuperatore di calore.
Il coefficiente di dispersione termica per ventilazione H_V è calcolato per mezzo della relazione:

$$H_V = V_a\, \rho_a\, c_a \qquad [13]$$

Ambiente esterno	$f_{T,i}$	Ambiente esterno	$f_{T,i}$
Ambiente esterno	1	Terreno	0,45
Sottotetto aerato	1	Vespaio aerato	0,85
Sottotetto ben sigillato	0,8	Pilotis	1
Appartamenti non riscaldati	0,50	Cantina con serramenti chiusi	0,6
Corpi scale piano terra	0,70	Cantina con serramenti aperti	0,9
Corpi scale altri piani	0,50	Garage	0,9

Prospetto 5: Fattori correttivi $f_{T,i}$ da applicare nella [11] per considerare l'effetto di strutture disperdenti verso ambienti con temperatura differente rispetto a quella esterna

Dove:
V_a è la portata d'aria di rinnovo dell'edificio;
$\rho_a\ c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria.

Se la portata d'aria è espressa in m^3/h la capacità termica volumica $\rho_a\ c_a$ è considerata convenzionalmente pari a 0,34 Wh/(m^3 K).
La portata d'aria, può essere calcolata da una stima della portata d'aria di ricambio n per mezzo della:

$$V_a = V_N\ n\ e_v \qquad [14]$$

Dove
V_N è il volume dello spazio riscaldato, calcolato sulla base delle dimensioni interne;
e_v è un coefficiente di efficienza del sistema di ventilazione che assume i seguenti valori riportati nel prospetto 6.
Ai soli fini della certificazione energetica si considera per gli edifici residenziali un ricambio d'aria n pari 0,3 volumi/ora. Per le altre destinazioni d'uso si assumono i valori riportati nella UNI 10333.
L'energia dovuta agli apporti interni Q_I comprende qualunque calore generato nello spazio climatizzato dalle sorgenti interne diverse dal sistema di riscaldamento quali ad esempio:
- apporti dovuti al metabolismo degli occupanti;
- il consumo di calore dovuto alle apparecchiature elettriche e agli apparecchi di illuminazione;
- gli apporti netti provenienti dal sistema di distribuzione e di scarico dell'acqua.

Nel prospetto 7 sono riportati i valori globali degli apporti interni per alcune tipologie di utenza.
Il valore dell'energia dovuta agli apporti gratuiti Q_I si ricava moltiplicando i valori riportati nel prospetto 7 per la superficie utile degli ambienti A_U e per il tempo in ore.
L'energia dovuta agli apporti solari sulle superfici trasparenti Q_{SI} si ricava dalla relazione:

$$Q_{SI} = \sum_j I_{S,j} \cdot A_{S,j} \cdot F_{S,j} \cdot F_{C,j} \cdot F_{F,j} \cdot g_j \qquad [15]$$

Dove la sommatoria è estesa a tutte le superfici esposte e:
$I_{S,j}$ è l'energia totale della radiazione solare globale su una superficie unitaria riferita al serramento jesimo durante il periodo di calcolo (i valori della radiazione solare su superfici verticali variamente orientate per i capoluoghi della Regione Lombardia sono ristati in appendice);
$A_{S,j}$ è l'area lorda (telaio più vetro) del serramento jesimo;
$F_{S,j}$ è il coefficiente di correzione dovuto all'ombreggiatura del serramento jesimo (nel caso in cui non esistano sistemi di oscuramento si assume come valore 1, nel caso in cui la superficie del serramento sia completamente in ombra il calcolo degli apporti gratuiti per quel serramento è ovviamente nullo);
$F_{C,j}$ è il coefficiente di correzione dovuto ai tendaggi del serramento jesimo (si assume un valore convenzionale pari a 0,6);
$F_{F,j}$ è il coefficiente di correzione dovuto al telaio, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata del serramento jesimo (si assume un valore convenzionale pari a 0,87);
g_j è coefficiente di trasmissione dell'energia solare totale del serramento jesimo.
Nel prospetto 8 sono riportati i valori della trasmittanza g per alcuni tipi di vetro. Il fattore di correzione dovuto all'ombreggiatura F_S rappresenta una riduzione della radiazione solare incidente dovuta all'ombreggiatura permanente della superficie interessata risultante da uno qualsiasi dei seguenti fattori:
- ombreggiatura derivante dalla presenza di altri edifici;
- ombreggiatura derivante dalla

Edifici senza impianto di ventilazione			Edifici con impianto di ventilazione		
		e_v			e_v
A1	Serramenti n.c.	2	**B1**	aspirazione	1
A2	Serramenti a tenuta	1.5	**B2**	Continua igroregolabile	0.8
			B3	Doppio flusso con recupero	0.5

Prospetto 6: Coefficiente di efficienza del sistema di ventilazione

Tipologie di utenza	Apporti interni (W/m^2)
Edifici residenziali	2,25
Edifici misti (uffici e abitazioni)	4
Edifici per uffici	6
Attività commerciali	8

Prospetto 7: Valori globali degli apporti interni per alcune tipologie di utenza.

tipografia (colline, alberi, ecc.);
- schermi fissi;
- ombreggiatura dovuta ad altri elementi dello stesso edificio;
- posizione dell'infisso rispetto alla superficie esterna della parete esterna.

Il fattore di correzione F_S prendere in considerazioni quindi solo le ombreggiature permanenti, che non sono soggette a rimozioni in relazione agli apporti solari o al variare della temperatura interna. Protezioni solari automatiche o rimovibili dall'utente sono prese, implicitamente, in considerazione con il fattore di utilizzazione. Per il calcolo del fattore di utilizzo degli apporti energetici gratuiti η_U è necessario definire alcuni parametri che sono:
Il rapporto tra gli apporti e le perdite g definito dalla relazione:

$$\gamma = Q_G / Q_L \qquad [16]$$

Dove:
Q_G è l'energia dovuta agli apporti gratuiti;
Q_L è l'energia scambiata totale (trasmissione + ventilazione).
La costante di tempo τ che caratterizza l'inerzia termica interna dello spazio riscaldato calcolata con la relazione:

$$\tau = C / H_T \qquad [17]$$

Dove:
C è l'effettiva capacità termica interna, ovvero il calore accumulato nella struttura dell'edificio quando la temperatura interna varia in modo sinusoidale con un periodo di 24 h ed un'ampiezza di 1 K;
H_T è il coefficiente di dispersione termica per trasmissione dell'edificio. Per la valutazione della capacità termica C si rimanda al prospetto 9 (fonte: Raccomandazione CTI R 03-3 - Prestazioni energetiche degli edifici).
Nell'ipotesi molto probabile in cui il rapporto tra gli apporti e le perdite sia diverso da 1 il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti η_U è ricavabile dalla relazione:

$$\eta_U = (1 - \gamma a) / (1 - \gamma (_{a+1})) \qquad [18]$$

Dove a è un parametro numerico che dipende dalla costante di tempo t ed è definito nell'equazione:

$$a = 0,8 + (\tau / 28) \qquad [19]$$

con l'avvertenza che la [19] è valida solo se si applica, come nel nostro caso, un metodo di calcolo stagionale.

7.2 Climatizzazione invernale energia primaria
Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale Q_{EPH} è l'energia primaria richiesta dal sistema di produzione e distribuzione per soddisfare i fabbisogni energetici di riscaldamento dell'edificio e può essere calcolato dalla relazione:

$$Q_{EPH} = Q_H / \eta_g \qquad [20]$$

Dove:
Q_H è il fabbisogno energetico dell'involucro riferito all'intera stagione di riscaldamento;
η_g è il rendimento medio stagionale definito come il rapporto tra il fabbisogno energetico dell'involucro Q_H e l'energia fornita dal combustibile.
Il rendimento medio stagionale η_g è calcolato dalla relazione:

$$\eta_g = \eta_e \cdot \eta_c \cdot \eta_d \cdot \eta_p \qquad [21]$$

Tipo di vetro	g
Vetro singolo (6)	0,83
Vetrocamera semplice (6-8-6)	0,71
Vetrocamera semplice (6-12-6)	0,71
Vetrocamera selettivo con Aria o Argon (4-16-4)	0,61
Vetrocamera selettivo con Xenon (4-16-4)	0,62
Vetro triplo selettivo con Xenon (4-8-4-8-4)	0,48

Prospetto 8: Coefficiente di trasmissione g per alcuni tipi di vetro

Tipologia costruttiva	Capacità termica volumica C [Wh/m^3K]
Edifici con muri in pietra o assimilabili	80,6
Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	66,7
Edifici con muri in mattoni forati o assimilabili	3,61
Edifici con pareti leggere o isolati dall'interno	19,4

Prospetto 9: Capacità termica volumica per alcune tipologie costruttive

Dove:
η_e è rendimento di emissione;
η_c è rendimento di regolazione;
η_d è rendimento di distribuzione;
η_p è rendimento di produzione medio stagionale.
Il rendimento di emissione η_e è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura perfettamente uniforme e uguale nei vari ambienti e il sistema di emissione reale nelle stesse condizioni di temperatura interna di riferimento e di temperatura esterna.
Nel prospetto 10 sono riportati i valori convenzionali dei rendimenti di emissione.
Un sistema di regolazione che non risponde accuratamente e velocemente alla richiesta di energia, genera oscillazioni di temperatura all'interno dell'ambiente che causano incrementi di scambi termici per trasmissione e ventilazione con l'esterno. Il rendimento di regolazione η_c è un parametro che esprime la deviazione tra la quantità di energia richiesta in condizioni reali rispetto a quelle ideali ed è dato dal rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con l'impianto di regolazione reale. Nel prospetto 11 sono riportati i rendimenti di regolazione da considerare nel calcolo in funzione della configurazione impiantistica. Il rendimento di distribuzione η_d è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile reale delle zone e l'energia termica fornita dal sistema di produzione. Il rendimento di distribuzione medio stagionale caratterizza l'influenza della rete di distribuzione sulla perdita passiva di energia termica (quella non ceduta agli ambienti da riscaldare). Nel prospetto 12 sono riportati i valori convenzionali dei rendimenti di distribuzione in funzione di diverse configurazioni

Edifici tipo A
Edifici nei quali le colonne montanti e i collegamenti con i terminali di emissione sono situati totalmente all'interno degli ambienti riscaldati e le tubazioni che collegano la centrale termica alle colonne montanti sono ubicate nel cantinato e sono coibentate.

Edifici tipo B
Edifici nei quali le colonne montanti e i collegamenti con i terminali di emissione, non isolati termicamente, sono inseriti in traccia nel paramento interno dei tamponamenti esterni e le tubazioni orizzontali che collegano la centrale termica alle colonne montanti scorrono nel cantinato.

Edifici tipo C
Edifici nei quali le colonne montanti, in traccia o ubicate nelle intercapedini, sono isolate con gli spessori di isolante previsti dalla specifica normativa e sono ubicate all'interno dell'isolamento termico delle pareti.
Il rendimento di produzione medio stagionale η_p è il rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione nella stagione di riscaldamento e il fabbisogno di energia primaria nella stagione. Per il calcolo del rendimento di produzione medio stagionale si adottano i valori riportati nel prospetto 13 dove:
Pns è la potenza nominale del generatore installato;
Pn è la potenza dimensionata in base alla temperatura minima di progetto;
Pmedia è la potenza media stagionale richiesta dall'impianto calcolata in funzione della temperatura media esterna.

7.3 Produzione di acqua calda ad usi sanitari - fabbisogno energetico
Per gli edifici residenziali il fabbisogno energetico per l'acqua calda a usi sanitari Q_W è calcolato utilizzando i valori convenzionali riportati nel prospetto 14 con la relazione:

$$Q_W = Q'_W \cdot t \cdot A_U \qquad [22]$$

Dove:
Q'_W è il fabbisogno energetico specifico;
t è il tempo considerato (se l'impianto è utilizzato per tutto l'anno t vale 365);
A è la superficie utile dall'appartamento. I valori di fabbisogno specifico riportati nel prospetto 14 sono stati calcolati ipotizzando le seguenti temperature dell'acqua: all'uscita dal sistema θ_w=40°C, all'ingresso del sistema θ_w=15°C, quindi con un salto termico di 25°C. Per le utenze non residenziali si rimanda a quanto indicato nel prospetto 15.

7.4 Produzione di acqua calda ad usi sanitari - energia primaria
Il fabbisogno di energia primaria

Terminale di erogazione	η_e
Termoconvettori	0,99*
Ventilconvettori	0,98
Radiatori	0,96*
Pannelli radianti isolati dalle strutture	0,97
Pannelli radianti annegati nella struttura	0,95

* Se associati a caldaie che funzionano a bassa temperatura al rendimento vanno sottratti ai valori di tabella 0,02 punti.

Prospetto 10: Valori convenzionali dei rendimenti di emissione

Sistema di regolazione	Tipologia	Radiatori e convettori	Pannelli radianti isolati	Pannelli radianti integrati
Regolazione manuale	Termostato caldaia	0,84	0,82	0,78
Climatica centralizzata	Regolatore climatico	0,88	0,86	0,82
Per singolo ambiente senza pre-regolazione	Reg. on-off	0,94	0,92	0,88
	Reg. modulante	0,97	0,95	0,91
Per singolo ambiente con pre-regolazione	Reg. on-off	0,97	0,95	0,93
	Reg. modulante	0,99	0,98	0,96
Di zona senza pre-regolazione	Reg. on-off	0,93	0,91	0,87
	Reg. modulante	0,96	0,95	0,91
Di zona con pre-regolazione	Reg. on-off	0,96	0,94	0,92
	Reg. modulante	0,98	0,97	0,95

Prospetto 11: Rendimenti di regolazione per alcune configurazioni impiantistiche

per la produzione di acqua calda a usi sanitari Q_{EPW} è l'energia primaria richiesta dal sistema di produzione e distribuzione per soddisfare i fabbisogni energetici per la produzione di acqua calda a usi sanitari e può essere calcolato dalla relazione:

$$Q_{EPW} = (Q_W / \eta_{gw}) + (Q_S / \eta_p) \quad [23]$$

Dove:
Q_W è il fabbisogno energetico per l'acqua calda ad usi sanitari;
Q_S è la perdita di calore dovuta al sistema di accumulo ove presente;
η_{gw} è il rendimento medio stagionale definito come il rapporto tra il

Volume (m^3)	Edifici tipo A	Edifici tipo B	Edifici tipo C
1.000	0,94	0,93	0,96
5.000	0,94	0,93	0,96
10.000	0,95	0,92	0,97
15.000	0,95	0,90	0,97
20.000	0,96	0,87	0,98

Prospetto 12: Valori convenzionali dei rendimenti di distribuzione

Superficie utile	Fabbisogno specifico (Q'_W) [Wh/ m^2giorno]
$S < 50\ m^2$	60
$50 \leq S < 120\ m^2$	50
$120 \leq S < 200\ m^2$	40
$S \geq 200\ m^2$	30

Prospetto 14: Valori convenzionali relativi ai fabbisogni energetici per l'acqua calda ad usi sanitari per usi residenziali

P_n / P_{media}	3,5	3,9	4,3	4,7	5	5,4
P_{ns} / P_n	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Rendimento di produzione medio stagionale P_n > 35 kW						
Caldaia a condensazione	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06
Caldaia standard	0,79	0,78	0,775	0,77	0,76	0,75
Caldaia standard efficiente	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91
Caldaia a temperatura scorrevole	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95
P_n < 35 kW						
Caldaia standard efficiente	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89
Caldaia a temperatura scorrevole	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92
Caldaia standard	0,78	0,77	0,765	0,76	0,75	0,74

Prospetto 13: Rendimenti di produzione medi stagionali η_p da assumere per il calcolo del fabbisogno di energia primaria

fabbisogno energetico per l'acqua calda ad usi sanitari Q_W e l'energia fornita dal combustibile;
η_p è rendimento di produzione.
Il rendimento medio stagionale η_{gw} è calcolato dalla relazione:

$$\eta_{gw} = \eta_e \cdot \eta_d \cdot \eta_p \qquad [24]$$

Dove:
η_e è rendimento di erogazione;
η_d è rendimento di distribuzione;
η_p è rendimento di produzione.
Per quanto riguarda il rendimento di erogazione η_e, si assume un valore di riferimento pari a 0,95. Il prospetto 16 riporta i valori da assumere per il rendimento di distribuzione η_d in funzione delle possibili configurazioni impiantistiche. Per il rendimento di produzione η_p si distinguono due casi: il primo riguarda gli impianti autonomi e il secondo quelli centralizzati. Per gli impianti autonomi il rendimento di produzione viene calcolato utilizzando i valori convenzionali riportati nel prospetto 17.
I rendimenti forniti dal prospetto tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, valutata pari a circa il 10%. Per gli scaldaacqua elettrici si è considerato inoltre un rendimento di produzione e distribuzione del 37%.
Per gli impianti centralizzati il rendimento di produzione può essere calcolato, in funzione del tipo di generatore utilizzato, utilizzando i valori ricavabili dal prospetto 13. Per i sistemi ad accumulo la perdita di calore stagionale Q_S è ricavabile, in funzione della classe di volume dell'accumulo, utilizzando i valori convenzionali riportati nel prospetto 18.

7.5 Contributi delle fonti energetiche rinnovabili

Il contributo energetico dovuto alle fonti energetiche rinnovabili Q_{FR} consente di ridurre il fabbisogno di energia primaria dell'edificio. Viene convenzionalmente calcolato

Superficie utile	Fabbisogno specifico (Q'_W) [Wh/ persona giorno]
Alberghi per servizi per ogni camera con bagno	3500
Alberghi per servizi per ogni camera senza bagno	1745
Collegi, altre comunità	1450
Ospedali con servizi comuni	1450
Cliniche con servizi in ogni stanza	3500
Uffici	280

Prospetto 15: Valori convenzionali relativi ai fabbisogni energetici per l'acqua calda ad usi sanitari per usi non residenziali

Tipologia del sistema	Tipo di distribuzione	η_d
Sistemi installati prima della 373/76	senza ricircolo	0,88
	con ricircolo	0,73
Sistemi installati dopo la 373/76	senza ricircolo	0,93
	con ricircolo	0,86
Sistemi autonomi con generatore combinato o dedicato con portata termica < 35 kW	senza ricircolo	0,85

Prospetto 16: Valori convenzionali relativi al rendimento di distribuzione η_d

Tipo di apparecchio	Versione	η_p
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	0,45
	Tipo B senza pilota	0,85
	Tipo C senza pilota	0,88
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	0,65
	Tipo B senza pilota	0,75
	Tipo C senza pilota	0,85
Accumulatore per produzione di acqua calda sanitaria a riscaldamento indiretto	A serpentino	0,90
	A camicia	0,85
Riscaldamento elettrico a resistenza ad accumulo		0,333

Prospetto 17: Valori convenzionali relativi al rendimento di produzione η_p per impianti autonomi

Volume di accumulo	Q_S (Wh)
Fino a 200 litri	525.000
200÷1500 litri	1.050.000
Oltre 1.500 litri	4.380.000

Prospetto 18: Valori convenzionali relativi alle perdite di calore dei sistemi di accumulo Q_S

Fonte: Autorità per l'energia elettrica e il gas, dati statistici 1999. Rendimento calcolato considerando un consumo specifico medio per impianti termoelettrici pari a 2.174 kcal/kWh e perdite di rete pari al 6,5%.

con la relazione:

$$Q_{FR} = Q_{ST} + (Q_{SF}/\eta_{conv}) + Q_{SP} \quad [25]$$

Dove:

Q_{ST} è il contributo relativo agli impianti solari termici;

Q_{SF} è il contributo relativo agli impianti solari fotovoltaici;

η_{conv} è rendimento di conversione da energia elettrica a energia termica assunto convenzionalmente pari a 0,37;

Q_{SP} è il contributo dovuto a sistemi solari passivi (collettori solari in facciata, serre, sistemi a guadagno diretto, ecc.).

Il contributo energetico dovuto agli impianti solari termici Q_{ST} viene calcolato moltiplicando l'area di captazione per il valore precalcolato di resa unitaria riportato nel prospetto 19 in funzione della tipologia di collettore solare impiegato e della località.

Il calcolo è stato eseguito ipotizzando una inclinazione del collettore di 30° ed un orientamento a Sud con angolo azimutale ±45°. Il contributo energetico dovuto agli impianti solari fotovoltaici Q_{SF} viene calcolato moltiplicando l'area di captazione per il valore precalcolato di resa unitaria riportato nel prospetto 20 in funzione della tipologia della cella fotovoltaico e della località.

Il calcolo è stato eseguito ipotizzando una inclinazione del collettore di 30° e un orientamento a Sud con angolo azimutale ±45°. Per il contributo dovuto a sistemi solari passivi Q_{SP} è invece necessario eseguite un calcolo analitico.

Il valore ottenuto non può in tutti i casi essere superiore al 30% del fabbisogno energetico Q_H. Nella relazione di calcolo si deve inoltre dimostrare che la presenza di componenti bioclimatici non comporta un peggioramento delle condizioni ambientali estive.

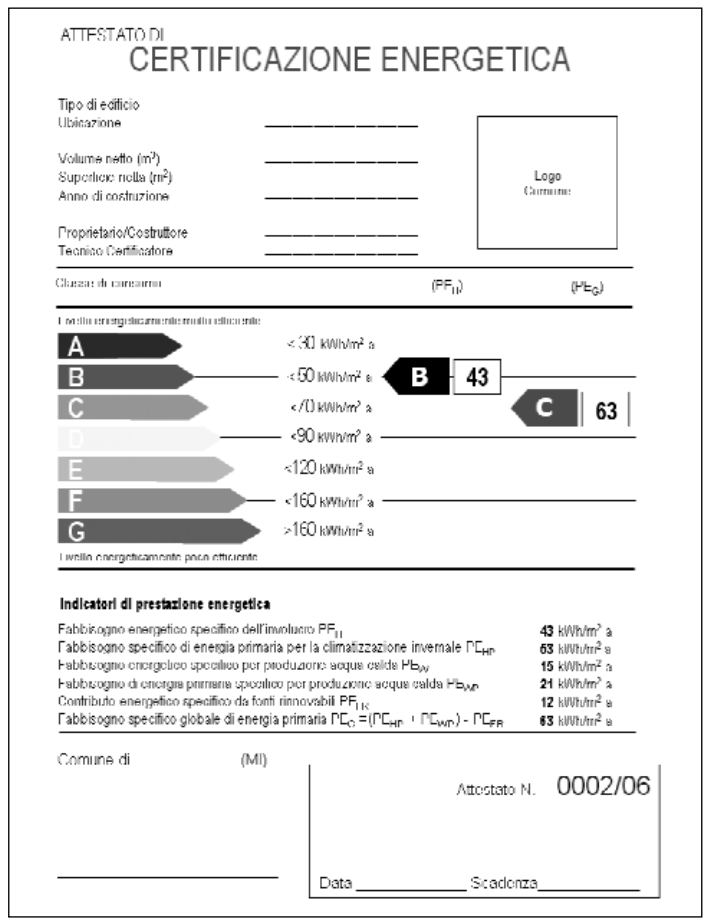
Provincia	Energia prodotta [kWh/m² anno]			
	Piano non vetrato	Piano verniciato vetrato	Piano vetrato selettivo	Tubi sottovuoto CPC
Bergamo	304,1	861,8	898,9	930,1
Brescia	352,3	952,4	989,2	1014,8
Como	288,5	846,3	880,1	913,2
Cremona	265,2	827,8	873,8	939,4
Lecco	321,6	871,6	907,9	936,4
Lodi	247,5	791,1	846,3	901,8
Mantova	249,8	790,7	845,7	900,3
Milano	280,9	837,5	876,6	928
Pavia	228,5	775,4	821,2	892,7
Sondrio	425,5	1059,2	1095,5	1115,4
Varese	238,9	861,3	899,3	945,7

Prospetto 19: Energia prodotta, per unità di superficie, da impianti solari termici in funzione delle caratteristiche dei collettori solari nei capoluoghi di provincia lombardi per l'acqua calda a usi sanitari

Provincia	Energia prodotta [$KWh_{ELETTRICI}/m^2$ anno]		
	Silicio monocristallino	Silicio policristallino	Silicio amorfo
Bergamo	194,65	155,72	90,84
Brescia	209,15	167,32	97,60
Como	190,99	152,79	89,13
Cremona	205,48	164,39	95,89
Lecco	193,89	155,11	90,48
Lodi	199,99	159,99	93,33
Mantova	200,76	160,60	93,69
Milano	199,38	159,51	93,05
Pavia	200,76	160,60	93,69
Sondrio	219,98	175,98	102,66
Varese	196,33	157,07	91,62

Prospetto 20: Energia elettrica prodotta, per unità di superficie, da un impianto solare fotovoltaico in funzione delle caratteristiche delle celle fotovoltaiche nei capoluoghi di provincia lombardi

APPENDICE A - Attestato di Certificazione Energetica



ATTESTATO DI
CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Tipo di edificio
Ubicazione _____

Volume netto (m^3) _____
Superficie netta (m^2)
Anno di costruzione _____

Proprietario/Costruttore _____
Tecnico Certificatore _____

Logo
Comune

Classe di consumo (PF_H) (HE_G)

Livello energeticamente molto efficiente

A <30 kWh/m² a
B <50 kWh/m² a — B 43
C <70 kWh/m² a — C 63
D <90 kWh/m² a
E <120 kWh/m² a
F <160 kWh/m² a
G >160 kWh/m² a

Livello energeticamente poco efficiente

Indicatori di prestazione energetica

Fabbisogno energetico specifico dell'involucro PF_H	**43** kWh/m² a
Fabbisogno specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale PC_{HP}	**63** kWh/m² a
Fabbisogno energetico specifico per produzione acqua calda HE_W	**15** kWh/m² a
Fabbisogno di energia primaria specifico per produzione acqua calda HE_{WP}	**21** kWh/m² a
Contributo energetico specifico da fonti rinnovabili PF_{HK}	**12** kWh/m² a
Fabbisogno specifico globale di energia primaria $PC_G = (PC_{HP} + PC_{WP}) - PC_{FR}$	**63** kWh/m² a

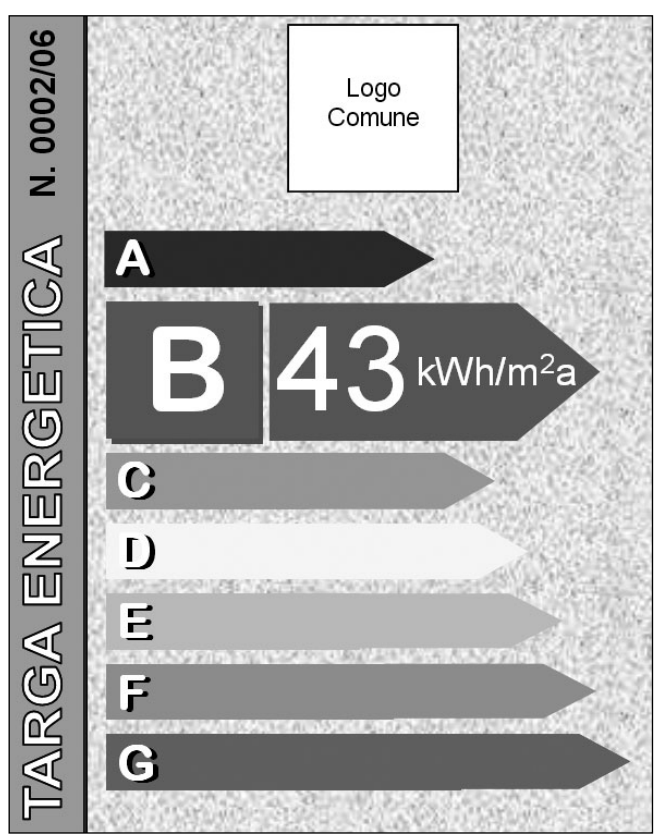
Comune di (MI)

_____

Attestato N. 0002/06

Data _____ Scadenza _____

APPENDICE B - Targa Energetica



APPENDICE C - Determinazione Parametri energetici

Per I dati riportati nelle tabelle seguenti sono utilizzabili qualora non si possano effettuare valutazioni precise di calcolo, sulla base di dati derivanti da ispezioni o altre fonti più attendibili.
Con tali informazioni è possibile riconoscere le tipologie delle strutture senza ispezioni invasive e procedere al calcolo secondo la normativa vigente.

Spessore (cm)	Muratura di pietrame intonacata	Muratura di mattoni pieni intonacata sulle due facce	Pannello prefabbricato in CLS	Parete a cassa vuota con mattoni forati[2]	Strutture isolate [3]
15	4,80	2,31	4,03	1,29	0,59
20	4,05	1,84	3,64	1,24	0,57
25	3,55	1,54	3,36	1,20	0,54
30	3,19	1,33	3,15	1,15	0,52
35	2,92	1,18	2,98	1,11	0,50
40	2,70	1,06	2,84	1,11	0,48
45	2,52	0,97	2,73	1,11	0,46
50	2,37	0,89	2,63	1,11	0,44
55	2,24	0,82	2,54	1,11	0,42
60	2,13	0,77	2,46	1,11	0,40

Prospetto C1: Trasmittanza termica delle pareti perimetrali verticali [W/m²K].
I sottofinestra devono essere computati come strutture a parte

Tipologia di cassonetto	Trasmittanza termica
Cassonetto non isolato	1
Cassonetto isolato[4]	6

Prospetto C2: Trasmittanza termica dei cassonetti [W/m²K]

Spessore (cm)	Muratura di mattoni pieni intonacata sulle due facce	Muratura di mattoni forati intonacata sulle due facce	Parete in CLS intonacata	Parete a cassa vuota con mattoni forati	Strutture isolate[5]
15	1,91	1,38	2,96	1,16	0,56
20	1,67	1,11	2,79	1,12	0,54
25	1,43	0,93	2,62	1,08	0,52
30	1,19	0,80	2,46	1,04	0,50

Prospetto C3: Trasmittanza termica delle pareti interne verticali [W/m²K]

I valori della trasmittanza sono calcolati considerando la camera d'aria a tenuta.
Si considerano strutture isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore ai 4 cm. In presenza di strutture isolate dall'esterno (ad esempio isolamenti a cappotto) la trasmittanza della parete viene calcolata sommando alla resistenza termica della struttura di categoria la resistenza termica dello strato isolante.
Si considerano isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore ai 2 cm

Spessore (cm)	Soletta piana non coibentata in laterocemento	Soletta piana coibentata	Tetto a falde in laterizio non coibentato	Tetto a falde in laterizio coibent.	Tetto in legno poco isolato	Tetto in legno media-mente isolato
15	2,00	0,77	2,77	0,87	1,306	0,718
20	1,76	0,72	2,39	0,81		
25	1,53	0,67	2,02	0,75		
30	1,30	0,61	1,65	0,68		
35	1,06	0,56	1,28	0,62		

Prospetto C4: Trasmittanza termica delle coperture piane o a falde [W/m²K]

Spessore (cm)	Soletta in laterocemento	Soletta in laterocemento confinante con sottotetto	Solaio prefabbricato CLS tipo predalles	Soletta generica coibentata
20	1,59	1,68	2,16	0,68
25	1,39	1,47	2,01	0,63
30	1,19	1,25	1,87	0,58
35	1,00	1,03	1,73	0,53

Prospetto C5: Trasmittanza termica dei solai sotto ambienti interni [W/m²K]

Spessore (cm)	Soletta in laterocemento su cantina	Soletta in laterocemento su vespaio o pilotis	Basamento in Lateroce-mento su terreno	Basamento in calcestruzzo su terreno	Soletta generica coibentata su cantina-vespaio-pilotis
20	1,54	1,76	1,37	1,35	0,71
25	1,35	1,53	1,24	1,31	0,66
30	1,16	1,30	1,11	1,27	0,61
35	0,97	1,06	0,98	1,23	0,55

Prospetto C6: Trasmittanza termica dei solai a terra, su spazi aperti o su locali non riscaldati [W/m²K]

Si considerano strutture isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore ai 3cm. In presenza di strutture isolate dall'esterno (ad esempio isolamenti a cappotto) la trasmittanza della parete viene calcolata sommando alla resistenza termica della struttura di categoria D la resistenza termica dello strato isolante.

Tipo di vetro	Coefficiente di trasmissione	Tipo di telaio			
		Metallo senza taglio termico	Metallo con taglio termico	Plastica	Legno
Vetro singolo (6)	0.83	6.00	5.20	5.00	4.90
Vetrocamera semplice (6-8-6)	0.71	3.90	3.20	3.00	2.90
Vetrocamera semplice (6-12-6)	0.71	3.60	3.00	2.70	2.60
Vetrocamera selettivo con Aria o Argon (4-16-4)	0.61	2.90	2.30	2.00	1.90
Vetrocamera selettivo con Xenon (4-16-4)	0.62	3.50	2.80	2.60	2.50
Vetro triplo selettivo con Xenon (4-8-4-8-4)	0.48	2.60	1.90	1.70	1.60

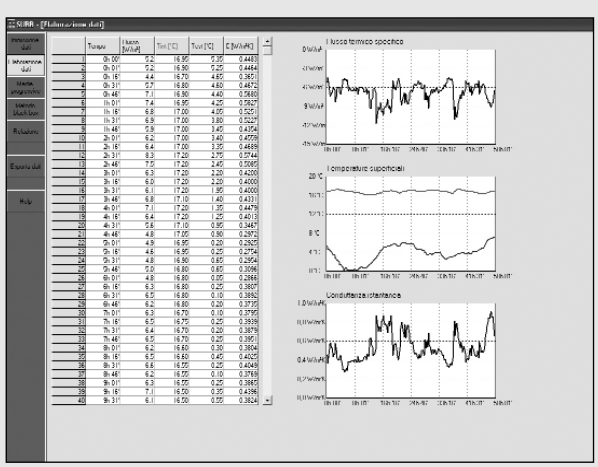
Prospetto C7: Trasmittanza termica e coefficienti di trasmissione solare dei serramenti

Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto senza aggetti/balconi)	0
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto con aggetti/balconi)	5
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati	10
Struttura isolata	15
Pannello prefabbricato in cls	30

Prospetto C8: Maggiorazioni percentuali relative alla presenza di ponti termici

Le maggiorazioni si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche dei ponti termici relativi alla presenza dei serramenti

Software SUBB



Strumento per la misura della trasmittanza in opera delle strutture opache messo a punto dall' Anit in collaborazione con il Politecnico di Torino. Elaborazione dei dati acquisiti con il software SUBB.

Per ulteriori informazioni contattare l'ANIT o visitare il sito www.anit.it.

APPENDICE D - Scheda tecnica

Dati generali

Ubicazione — Indirizzo _____

Città _____ Prov. _____ CAP _____

Anno di costruzione/Ristrutturazione _____

Soggetto che presenta la domanda _____
(Cognome, Nome)

In qualità di: ☐ Proprietario ☐ Costruttore

Tecnico progettista (L.10/91) _____
(Cognome, Nome)

Dati edificio

Tipo di edificio ☐ Residenza ☐ Uffici ☐ Commerciale ☐ Ospitalità
☐ Altro (specificare) _____

Volume lordo riscaldato (m^3) _____
Superficie lorda riscaldata (m^2) _____
Superficie media per alloggio (m^2) _____

Struttura edilizia ☐ Leggera (in legno o pannelli sandwich) ☐ Media (uso prevalente di laterizi o blocchi) ☐ Pesante (in pietra o di notevole spessore)

Caratteristiche termiche involucro

STRUTTURE OPACHE VERTICALI

Struttura **tipo 1** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m^2K)	Superfici ripartite per orientamento (m^2)							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
$U_{limite} = 0,35\ W/m^2K$								

Struttura **tipo 2** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m^2K)	Superfici ripartite per orientamento (m^2)							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
$U_{limite} = 0,35\ W/m^2K$								

Struttura **tipo 3** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m^2K)	Superfici ripartite per orientamento (m^2)							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
$U_{limite} = 0,35\ W/m^2K$								

STRUTTURE SU LOCALI NON RISCALDATI

Struttura **tipo 1** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m^2K) Superficie (m^2) _____

$U_{limite} = 0,70\ W/m^2K$

Ambiente confinante: ☐ Appart. non riscaldati ☐ Corpo scale PT ☐ Corpo scale altri piani

Struttura **tipo 2** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m^2K) Superficie (m^2) _____

$U_{limite} = 0,70\ W/m^2K$

Ambiente confinante: ☐ Appart. non riscaldati ☐ Corpo scale PT ☐ Corpo scale altri piani

STRUTTURE TRASPARENTI

Struttura **tipo 1** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

Tipologia vetro ☐ Vetro singolo ☐ Doppio vetro semplice ☐ Basso emissivo
☐ Doppio vetro con gas ☐ Triplo vetro

Tipologia telaio ☐ Legno ☐ Metallo a taglio termico ☐ PVC

U_{MEDIA} (W/m^2K)	Superfici ripartite per orientamento (m^2)							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
$U_{limite} = 2,3\ W/m^2K$	Oscuramento *(in ombra o con presenza di aggetti)*							
	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI

Struttura **tipo 2** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

Tipologia vetro ☐ Vetro singolo ☐ Doppio vetro semplice ☐ Basso emissivo
☐ Doppio vetro con gas ☐ Triplo vetro

Tipologia telaio ☐ Legno ☐ Metallo a taglio termico ☐ PVC

U_{MEDIA} (W/m²K)	Superfici ripartite per orientamento (m²)							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
U_{limite} = 2,3 W/m²K	Oscuramento *(in ombra o con presenza di aggetti)*							
	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI	☐ SI

COPERTURE

Struttura **tipo 1** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m²K) Superficie (m²) _____

Ambiente confinante: ☐ Esterno ☐ Sottotetto areato ☐ Sottotetto ben sigillato

U_{limite} = 0,30 W/m²K

Struttura **tipo 2** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m²K) Superficie (m²) _____

Ambiente confinante: ☐ Esterno ☐ Sottotetto areato ☐ Sottotetto ben sigillato

U_{limite} = 0,30 W/m²K

BASAMENTI

Struttura **tipo 1** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m²K) Superficie (m²) _____

Ambiente confinante: ☐ Terreno ☐ Vespaio aerato ☐ Pilotis
☐ Cantina senza aerazione ☐ Cantina con aerazione ☐ Garage

U_{limite} = 0,50 W/m²K

Struttura **tipo 2** _____
(Descrizione del tipo di struttura)

U (W/m²K) Superficie (m²) _____

Ambiente confinante: ☐ Terreno ☐ Vespaio aerato ☐ Pilotis
☐ Cantina senza aerazione ☐ Cantina con aerazione ☐ Garage

U_{limite} = 0,50 W/m²K

Caratteristiche impianto termico

IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Generatore di calore

☐ Standard a gas o a gasolio ☐ A bassa temperatura a gas o a gasolio ☐ A gas a condensazione ☐ A biomassa
☐ Pompa di calore ad aria ☐ Pompa di calore ad acqua di pozzo ☐ Pompa di calore geotermica ☐ Teleriscaldamento

Potenza nominale generatore (P_{rd}) (kW) _____
Potenza dimensionata in base alla temperatura minima di progetto (P_n) (kW) _____
Potenza media stagionale, calcolata in funzione della temp. esterna (P_{MEDIA}) (kW) _____

Terminali scaldanti

☐ Radiatori (caloriferi) ☐ Termoconvettori ☐ Ventilconvettori ☐ A battiscopa
☐ Pannelli radianti a soffitto ☐ Pannelli radianti a pavimento ☐ Altro (specificare) _____

Sistema di regolazione

☐ Manuale ☐ Per singolo ambiente senza pre-regolazione ☐ Di zona senza pre-regolazione
☐ Climatica centralizzata ☐ Per singolo ambiente con pre-regolazione ☐ Di zona con pre-regolazione

Sistema di ventilazione meccanica controllata ☐ SI ☐ NO

Portata (ricambi aria) Vol/h _____

Recuperatore di calore ☐ SI ☐ NO Efficienza (%) _____

IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA AD USI SANITARI

Produzione

Impianto autonomo

☐ Autonomo elettrico ☐ Autonomo a gas istantaneo ☐ Autonomo a gas ad accumulo

Versione

☐ Tipo B con pilota permanente ☐ Tipo B senza pilota ☐ Tipo C senza pilota

Impianto centralizzato

☐ Caldaia combinata

☐ Generatore di calore indipendente *(specificare di che tipologia):*

☐ Standard a gas o a gasolio ☐ A bassa temperatura a gas o a gasolio ☐ A gas a condensazione ☐ A biomassa
☐ Pompa di calore ad aria ☐ Pompa di calore ad acqua di pozzo ☐ Pompa di calore geotermica ☐ Teleriscaldamento

Accumulo

Sistema di accumulo ☐ SI ☐ NO

Capacità (litri) ☐ Fino a 200 ☐ 200÷1.500 ☐ oltre 1.500

Riscaldamento ☐ Diretto ☐ Indiretto

Scambiatore ☐ A serpentino ☐ A camicia

Distribuzione *(da compilare solo in caso di impianti centralizzati)*

Presenza ricircolo ☐ SI ☐ NO

Epoca costruttiva ☐ Ante 373 ☐ Post 373

Fonti energetiche rinnovabili

SOLARE TERMICO

Superficie captante (m^2) _____ Guadagno energetico stimato kWh/anno _____

Tipologia collettore

☐ Piano vetrato ☐ Piano non vetrato ☐ Piano selettivo ☐ Sottovuoto

SOLARE FOTOVOLTAICO

Superficie captante (m^2) _____ Guadagno energetico stimato kWh_e/anno _____

Tipologia moduli ☐ Silicio monocristallino ☐ Silicio policristallino ☐ Silicio amorfo

COMPONENTI PASSIVI

☐ Sistemi a guadagno diretto ☐ Serre ☐ Muri Trombe ☐ Altro (specificare) _____

Guadagno energetico stimato kWh/anno _____

Data _____

Timbro e firma del progettista

_____

APPENDICE E - Dati Climatici di riferimento

Comune	h_{SLM}	GG	D	θ_{me}	θ_e	I_S	I_{SE-SW}	$I_{O/E}$	I_{NE-NW}	I_N	I_H	ZC
Bergamo	249	2533	183	6,16	-5	451	391	275	161	125	365	E
Brescia	149	2410	183	6,83	-7	510	439	306	169	129	396	E
Como	201	2228	183	7,83	-5	464	400	279	161	126	368	E
Cremona	45	2389	183	6,95	-5	412	364	265	161	125	359	E
Lecco	214	2383	183	6,98	-5	483	415	287	163	127	377	E
Lodi	87	2592	183	5,84	-5	396	350	257	158	124	350	E
Mantova	19	2388	183	6,95	-5	396	347	256	158	124	348	E
Milano	122	2404	183	6,86	-5	412	363	251	160	125	356	E
Pavia	77	2623	183	5,67	-5	386	343	253	157	124	345	E
Sondrio	307	2755	183	4,95	-10	656	553	363	182	130	454	E
Varese	385	2652	183	5,51	-5	524	445	300	165	128	389	E

Legenda

h_{SLM} altezza della località sul livello del mare (m)
GG Gradi giorno (°C)
D Durata del periodo di riscaldamento (giorni)
θ_{me} Temperatura media esterna della stagione di riscaldamento (°C)
θ_e Temperatura esterna di progetto (°C)
I_S Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Sud (kWh/m^2 anno)
I_{SE} Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Sud-Est (kWh/m^2 anno)
I_{SW} Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Sud-Ovest (kWh/m^2 anno)
I_O Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Ovest (kWh/m^2 anno)
I_E Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Est (kWh/m^2 anno)
I_{NE} Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Nord-Est (kWh/m^2 anno)
I_{NW} Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Nord-Ovest (kWh/m^2 anno)
I_N Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Nord (kWh/m^2 anno)
I_H Radiazione solare incidente sul piano orizzontale (kWh/m^2 anno)
ZC zona climatica.

Fonte dei dati: UNI 10349, dpr 412/93

I dati climatici riportati sono integrabili con quelle di tutte le località italiane come riportato nella UNI 10349

PRESENTAZIONE SACERT

Contro lo smog la Provincia di Milano istituisce la pagella per gli edifici

di Sergio Zabot

Il 24 Gennaio è stata presentata a palazzo Isimbardi una procedura per la certificazione energetica degli edifici messa a punto dal Politecncico di Milano. L'iniziativa nasce nell'ambito del tavolo Energia & Ambiente, istituito dall'assessorato provinciale all'ambiente con i Comuni del milanese.
Così come avviene da anni per i frigoriferi e le lavatrici, anche le case della Provincia di Milano avranno la loro brava etichetta a scalini che, con una efficace colorazione che va dal Verde al Rosso identifica sette classi, da A per i bassi consumi, a G per gli alti consumi.

Assieme al certificato energetico verrà rilasciata anche una targa che indicherà, in unità fisiche (kWh/m^2) il fabbisogno di energia dell'edifico e che potrà essere esposto all'ingresso a fianco del numero civico.

Parallelamente, la Provincia ha creato un ente di accreditamento denominato SACERT che avrà il compito di formare, accreditare e controllare i certificatori energetici, nuove figure professionali che su richiesta dei Comuni, dei costruttori o anche dei semplici cittadini avranno il compito di assegnare ad ogni edificio, dopo aver fatto le necessarie verifiche, la sua etichetta.

L'istituzione della etichettatura energetica, peraltro già prevista da una legge mai applicata del 1991 e ribadita da una Direttiva europea nel 2001, introduce un elemento di conoscenza del reale consumo di un appartamento o di un edifico, oltre che inserire un po' di trasparenza in un mercato edilizio ormai attento solo alla firma delle piastrelle del bagno e alle rubinetterie.

Porre al centro dell'attenzione i consumi energetici, oltre che dare impulso a un modo di progettare più attento all'efficienza e al risparmio energetico, serve a diminuire le emissioni di inquinanti in atmosfera, ma soprattutto ad alleggerire le bollette del gas e della luce che ormai sembrano fuori controllo.

L'iniziativa non è nuova in Italia. L'applicazione della certificazione "Casa Clima" in Alto Adige ha fatto da battistrada, dimostrando come nel volgere di pochi anni la richiesta di certificati sia aumentata esponenzialmente a discapito degli edifici meno efficienti dal punto di vista energtico, che si stanno deprezzando. Sebbene l'area milanese, come del resto tutto il nord Italia sia caratterizzato da una più ampia varietà edilizia, potrebbe verificarsi anche qui lo stesso fenomeno, sostanzialmente per via dei costi sempre più crescenti dei combustibili.

D'altra parte, l'adozione di misure di emergenza come la riduzione della temperatura degli ambienti riscaldati è il segnale preoccupante di una mancanza di governo dell'energia che, dopo essersi manifestata negli anni scorsi sul versante elettrico con i black-out, ora si estende anche al gas.

L'attenzione dei media viene distolta e rivolta sulla necessità di adeguare l'offerta, attraverso l'incremento delle importazioni dei gasdotti e con la realizzazione di terminali di rigassificazione. Tutte cose ragionevoli. Ma non bisogna dimenticare le azioni sul lato della domanda.

Anche sul lato della domanda ci sono risorse e queste risorse si chiamano efficienza energetica e uso razionale dell'energia e non bisogna mai dimenticare che l'energia migliore è quella che non si consuma.

Il risultato di politiche di sostegno alla gestione della domanda è lo sviluppo dell'innovazione, sia di processo, sia di prodotto, che porta alla realizzazione di dividendi multipli in termini di minori consumi, minori costi per le famiglie, minori impatti ambientali, maggiore sicurezza negli approvvigionamenti. Queste politiche infine possono trasformarsi in opportunità concrete di sviluppo di tutto il mondo progettuale e imprenditoriale, assai vasto, che ruota intorno all'edilizia in genere.

VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI VIBRAZIONI IN EDIFICI RESIDENZIALI

Normativa, tecniche di misura e di calcolo

di Angelo Farina

Sommario

Questo articolo affronta il problema della valutazione degli effetti disturbanti delle vibrazioni in edifici residenziali.

Normalmente infatti le principali fonti di vibrazioni presenti nel territorio (traffico stradale, ferroviario tram, metropolitane, macchinari industriali) danno luogo a livelli di vibrazioni sufficientemente elevati da indurre disturbo sulle persone, ma assolutamente non in grado di innescare danni permanenti alle strutture, come verrà meglio chiarito nel seguito.

Recentemente è stata emanato un decreto che stabilisce limiti precisi ai livelli di vibrazioni tollerabili sul luogo di lavoro (DLGS 187 del 19/98/2005), mentre non esiste ancora alcuna disposizione di legge che fissi analoghi limiti in ambiente abitativo; ed ovviamente i limiti previsti per l'ambiente di lavoro non sono sufficientemente restrittivi onde garantire la protezione ed il confort nella case.

Sorge quindi l'esigenza di raccogliere in un testo di chiara comprensione e facile applicazione lo stato attuale della tecnica riguardo il problema della valutazione del disturbo da vibrazioni, con riferimento alle norme UNI esistenti, alle tecniche di misura disponibili ed utilizzabili per le attività di verifica sperimentale, ed alle tecniche di calcolo previsionale che possono essere impiegate in sede di valutazione preliminare di impatto da vibrazioni di nuove infrastrutture di trasporto o di installazioni industriali.

Norme tecniche

La Commissione Vibrazioni dell'UNI ha prodotto una completa serie di norme nazionali, che, sebbene con qualche punto di scarsa chiarezza, coprono l'intera problematica delle vibrazioni negli edifici: valutazione del disturbo alle persone, valutazione del possibile danno strutturale, implementazione della metodica di misura.

In particolare, le tre norme che verranno nel seguito analizzate sono:

- Norma UNI 9614:1990 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"
- Norma UNI 11048:2003 "Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo"
- Norma UNI 9916:2004 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"

Le prime due norme si rivolgono specificamente alla definizione dei criteri di valutazione del disturbo alle persone, mentre la terza norma indica criteri per la misura e la valutazione delle vibrazioni con riferimento ai possibili danni strutturali.

Va subito chiarito che le norme suddette non utilizzano in modo uniforme le definizioni delle grandezze fisiche e le scale numeriche utilizzate per la loro valutazione. Mentre infatti le norme relative al disturbo umano fanno impiego della scala dei dB per esprimere il valore del livello di accelerazione ponderata, viceversa la norma relativa ai danni strutturali fa riferimento a valori di velocità di vibrazione (espressa dunque n m/s anziché in m/s^2), lasciati in scala lineare e quindi senza far impiego della conversione logaritmica insita nell'utilizzo della scala dei dB.

Un altro punto di difformità fra i due casi è costituito dall'utilizzo di un valore medio efficace con costante di tempo "slow" per valutare il

livello di vibrazioni riferibile al disturbo alle persone, mentre si fa impiego del valore di picco puntuale della velocità di vibrazione (inteso come modulo del vettore o, in alcuni casi, come valore massimo delle tre componenti cartesiane dello stesso). Pertanto si tratta di una valutazione "energetica" per il disturbo, ed una valutazione "cinematica" per il danno strutturale.

Strumentazione

A parte questi punti, comunque, la metodica di analisi è poi in realtà molto simile, ed anche la strumentazione da impiegare è in sostanza sempre la stessa: uno o più accelerometri triassiali, un sistema di acquisizione dati multicanale, un software di elaborazione delle tracce temporali acquisite in grado di operare gli opportuni filtraggi spettrali e, se necessario, l'integrazione nel tempo.

Il sensore è costituito da una terna accelerometrica, quindi in sostanza tre sensori monoassiali disposti secondo un opportuno riferimento cartesiano. E' possibile impiegare sia un singolo accelerometro triassiale, che tre accelerometri monoassiali fissati ad un supporto cubico, come mostrato nelle seguenti figure:

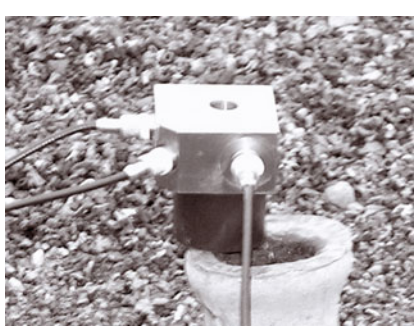


Fig. 1 - accelerometro triassiale

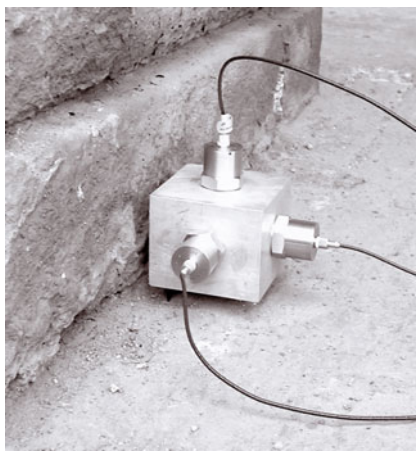


Fig. 2 – tre accelerometri

L'uso di tre accelerometri ad alta sensibilità è solitamente raccomandato per misure in ambiente abitativo, in cui i livelli da misurare sono bassi, e vengono captati con difficoltà dagli accelerometri triassiali. Questi ultimi sono invece largamente impiegati in ambito industriale e per la misurazione delle vibrazioni mano-braccio sulla impugnatura degli utensili, causa la loro minor sensibilità.

In alcuni casi vengono anche usati misuratori di velocità, anziché di accelerazione, denominati comunemente "geofoni". Si tratta però di strumenti molto meno precisi e stabili degli accelerometri, per cui il loro utilizzo fornisce misurazioni meno accurate. La seguente figura mostra un geofono triassiale.

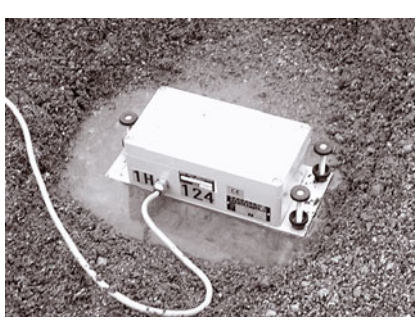


Fig. 3 – geofono triassiale

I segnali provenienti dai tre canali del sensore debbono in ogni caso essere digitalizzati. A questo scopo si possono impiegare registratori DAT multicanale, schede di acquisizione dati collegate ad un PC, oppure veri e propri analizzatori portatili. L'uso dei registratori DAT sta scomparendo, sia perchè si tratta di apparecchiature delicate e costose, sia perchè non consentono di visualizzare immediatamente i risultati, che diventano disponibili solo dopo una successiva elaborazione delle registrazioni che viene effettuata successivamente all'acquisizione.

Comunque le tre foto successive mostrano questi tre tipi di sistemi di acquisizione dati.

Fig. 4 – registratore DAT

Fig. 5 – Scheda per PC

Fig. 6 – Analizzatore palmare a 4 canali

La gran parte dei moderni accelerometri incorpora un preamplificatore con tecnologia FET, che viene alimentato tramite una tensione fantasma applicata attraverso lo stesso cavo di segnale (tecnologia ICP). Questi sensori possono pertanto essere collegati direttamente al DAT, alla scheda di acquisizione o all'analizzatore portatile, perchè l'ingresso ICP è ormai lo standard per tutti. Tuttavia, per misure di altissima precisione e con bassissimo rumore di fondo, si preferiscono ancora i piu' tradizionali accelerometri passivi, nei quali il sensore piezo non è dotato di alcuna preamplificazione. In questo caso occorre inserire, fra l'accelerometro ed il successivo sistema di digitalizzazione del segnale, uno speciale "charge amplifier", in grado di convertire la fluttuazione di carica elettrica del piezo in un normale segnale in tensione.

I "charge amplifier" sono molto costosi, acquistarne tre può voler dire spendere di più che per il resto del sistema. La seguente figura mostra un moderno "charge amplifier" a 4 canali.

Fig. 7 – "charge amplifier"

Elaborazione dei dati

Si acquisiscono dunque tre tracce temporali del segnale di accelerazione, riferite a tre assi cartesiani che solitamente sono disposti come segue:

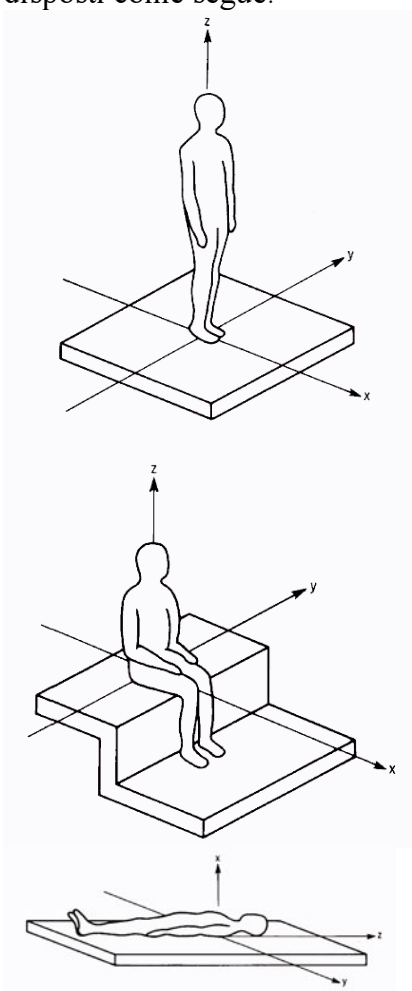


Fig. 8 – riferimento cartesiano

In pratica si usa sempre il riferimento per persona in piedi o seduta, quindi con assi X ed Y orizzontali, ed asse Z verticale. Secondo la norma UNI 9614, la sensibilità umana alle vibrazioni è diversa lungo i tre assi, e quindi, per ottenere l'accelerazione ponderata, occorrerebbe applicare a ciascuno dei tre segnali un diverso filtraggio, prima di sommarli.

Fortunatamente la successiva norma UNI 11048 chiarisce che, allorquando la postura dei residenti non è predefinita o può essere variabile, occorre ponderare tutti tre i segnali con lo stesso filtro di ponderazione "per asse generico". In pratica quindi, per valutare il disturbo sulle persone, si effettua un opportuno filtraggio in frequenza del segnale, applicando un filtro la cui curva di risposta è evidenziata nella seguente figura.

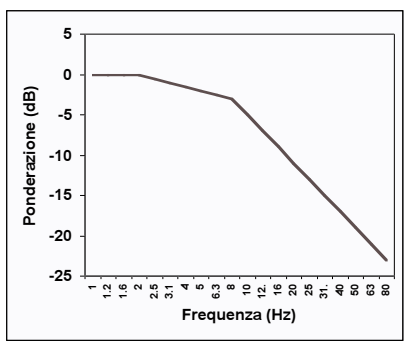


Fig. 9 – curva di ponderazione

Proseguendo con l'analisi del trattamento dei dati al fine della valutazione del disturbo sulle persone, dopo essere stati filtrati, i tre segnali vengono elaborati in modo da determinarne il valore efficace, facendo impiego di un "detector" RMS (Root Mean Square, cioè a valore efficace vero) impostato con una costante di tempo pari ad 1s (tempo di integrazione "slow").

Il calcolo del valore RMS ha un ben preciso significato energetico: infatti il filtraggio "per asse generico" applicato ha sostanzialmente trasformato il segnale di accelerazione in un segnale di velocità (poiché, a partire dagli 8 Hz in su, il filtraggio avviene con una pendenza di 6 dB/ottava, e costituisce dunque un filtro integratore ideale). Ed elevando al quadrato una velocità si ottiene in sostanza una energia cinetica.

Secondo UNI 11048, si deve poi prendere in considerazione il valore di accelerazione ponderata maggiore fra i tre:

$$a_W = \max\left[a_x, a_y, a_z\right]$$

Tale valore in realtà cambia nel tempo, e si può quindi costruire un profilo temporale del valore di accelerazione ponderata. Tuttavia, poiché le variazioni possono essere molto rilevanti, il diagramma risulta molto più leggibile utilizzando una scala verticale logaritmica, ed a questo fine si esprime in decibel il valore dell'accelerazione ponderata, secondo la relazione:

$$L_{a_w} = 10 \cdot \log_{10}\left[\frac{a_W^2}{a_0^2}\right]$$

Nella quale si fa impiego del "valore di riferimento" dell'accelerazione, a_0, pari a 1_10^{-6} m/s^2.

In questo modo, si può visualizzare un profilo temporale del fenomeno studiato, quale ad esempio il transito di un treno o di un veicolo metrotranviario.

La seguente figura mostra ad esempio i profili del passaggio di un treno su un viadotto, rilevati alla base del viadotto stesso (linea soprastante) e su una trave di un edificio posto a 50m di distanza (linea sottostante).

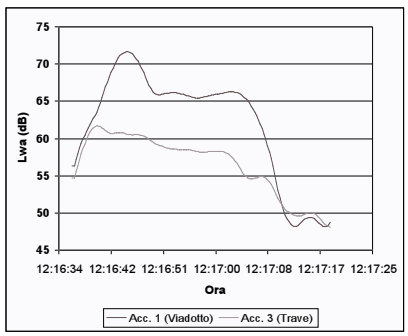


Fig. 10 – profili temporali

Occorre qui segnalare che i valori suddetti, pur essendo espressi in dB, non hanno nulla a che vedere con i livelli sonori. Infatti il dB NON è l'unita di misura del rumore, ma è semplicemente una scala logaritmica, che consente di rappresentare qualsiasi grandezza fisica. Nel caso del rumore, i dB sono definiti a partire dal valore medio efficace della pressione sonora, mentre nel caso delle vibrazioni, i dB sono definiti a partire dal valore medio efficace della accelerazione ponderata.

Non bisogna pertanto lasciarsi spaventare dai valori numerici assunti dai livelli di accelerazione: mentre un livello di pressione sonora di 60 dB rende impossibile dormire in una camera da letto, viceversa un livello di accelerazione ponderata di 60 dB è del tutto inavvertibile. Infatti, la soglia umana di percezione si colloca, secondo la norma UNI 9614, a 71 dB di accelerazione ponderata (quello che, in acustica è lo "zero dB" della scala dei livelli sonori).

Dal punto di vista della valutazione del disturbo, occorre infine prendere in considerazione, secondo la norma UNI 11048, il valore istantaneo massimo del livello di accelerazione ponderata. Nell'esempio riportato in figura 10, tale valore massimo è pari a circa 72 dB nel punto alla base del viadotto, e a circa 62 dB nel punto sulla trave dell'edificio. In quest'ultimo punto, pertanto, il transito del treno non è sensorialmente avvertibile, in quanto al massimo si raggiunge un livello inferiore di 9 dB alla soglia di percezione.

Comunque, la norma UNI 9614 suggerisce dei valori di livello di accelerazione ponderata che sarebbe opportuno non superare, in funzione del tipo di edificio e della sua destinazione d'uso, come riportato nella seguente tabella.

Edificio	Limite (dB)
Aree critiche	71
Abitazioni (notte)	74
Abitazioni (giorno)	77
Uffici	83
Fabbriche	89

L'ultima riga della tabella è in realtà ormai inapplicabile, a seguito dell'entrata in vigore del decreto legislativo che fissa i limiti di esposizione alle vibrazioni in ambiente di lavoro.

Danni Strutturali

La valutazione delle vibrazioni in funzione del possibile instaurarsi di danni strutturali viene effettuata invece con una metodica di analisi dei dati sostanzialmente diversa.

Innanzi tutto, anziché applicare il filtro di ponderazione "per asse generico", i tre segnali provenienti dalla terna accelerometrica vengono semplicemente integrati (filtro con pendenza decrescente di 6 dB/ottava) su tutto il range di frequenza, in modo da ottenere un segnale di velocità di vibrazione, anziché di accelerazione.

Apparentemente dunque il segnale che emerge dallo stadio di filtraggio è molto diverso da quello che si utilizza per l'analisi del disturbo; ma in realtà anche il filtro "per asse generico" ha una pendenza decrescente di 6 dB/ottava al di sopra degli 8 Hz. Di conseguenza, se la fonte di vibrazioni non ha contributi significativi sotto gli 8 Hz (come accade molto di frequente, ad esempio nel caso da vibrazioni prodotte da treni, tram, metropolitane, etc.) si può ritenere con ottima approssimazione che il segnale di accelerazione ponderata sia direttamente proporzionale al segnale di velocità.

Volendo dunque ricondursi ad una unica scala di valutazione in dB, facendo gli opportuni calcoli si scopre che fra livelli di accelerazione ponderata (relativo ad un valore della accelerazione di riferimento pari a 1_10^{-6} m/s^2) e livelli di velocità (relativi ad un valore della velocità di riferimento v_0 pari a 1_10^{-9} m/s) esiste la seguente relazione:

$$L_{a_w} = L_v - 39 \quad \text{dB}$$

Dopo il filtraggio integratore, si fa poi la somma vettoriale delle tre componenti cartesiane, che fornisce il valore istantaneo della velocità di vibrazione:

$$|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

Va comunque sottolineato che in questo caso la composizione cartesiana viene fatta sui valori istantanei delle velocità, non sui valori medi efficaci come invece si fa per la valutazione del disturbo alle persone.

Infine si va a memorizzare il valore massimo di picco della forma d'onda, che in genere è significativamente piu' elevato del valore medio efficace della stessa.

Si definisce infatti come "fattore di cresta" la differenza fra il valore massimo di picco di una forma d'onda ed il suo valore efficace. Per una forma d'onda sinusoidale, il fattore di cresta è pari a 3 dB (o ad un fattore pari a 1.414, volendo usare una scala lineare). Ma per un segnale di tipo "rumore" con forma d'onda molto "aspra", il fattore di cresta può facilmente essere superiore ai 10 dB, ed in alcuni casi (eventi impulsivi quali martellate, esplosioni, etc.) può superare i 20 dB (quindi un fattore 10 in scala lineare).

La norma UNI 9916, nel suo allegato "D", fornisce una indicazione sui valori della velocità di picco ammissibile per vari tipi di edifici; tali valori vengono qui riportati, e di ciascuno viene anche indicato il corrispondente valore di accelerazione ponderata in dB, onde poter confrontare questi numeri con quelli della precedente tabella riferita al disturbo alle persone:

Vibrazioni di breve durata

Edificio	v_{pk} (mm/s)	L_{aw} (dB)
Edifici industriali	20 40	107.0 113.0
Edifici residenziali	5 15	95.0 104.5
Edifici storici	3 8	90.5 99.1

Vibrazioni permanenti

Edificio	v_{pk} (mm/s)	L_{aw} (dB)
Edifici industriali	10	101.0
Edifici residenziali	5	95.0
Edifici storici	2.5	89.0

Si tratta in generale di valori piuttosto elevati. Anche per gli edifici storici, per i quali si prescrivono i livelli di vibrazione piu' bassi, loa velocità di picco non deve superare i 2.5 mm/s, cui corrisponde un livello di accelerazione ponderata pari a circa 89 dB. Tale limite è dunque generalmente piu' alto di quello derivante dal non-disturbo alle persone, che, sempre per edifici sensibili, è pari alla soglia di percezione (71 dB). Solo in presenza di un

fattore di cresta molto elevato, maggiore di 18 dB, potrebbe verificarsi il caso di superamento del limite di danno strutturale senza che si verifichi il superamento del limite di disturbo alle persone.

All'autore casi simili non sono mai capitati in una più che ventennale esperienza, per cui si conclude che in sostanza il raggiungimento del rispetto dei limiti di non-disturbo alle persone, descritti nel precedente capitolo, è sicura garanzia anche di non avere effetti dannosi per le strutture edilizie.

E' tuttavia evidente che, qualora i limiti di disturbo vengano significativamente superati, possa altresì verificarsi con buona probabilità anche il superamento dei limiti di danno strutturale, soprattutto in presenza di segnali caratterizzati da un elevato valore del fattore di cresta.

In questi casi può dunque essere opportuno procedere alla verifica di entrambi i limiti, cosa comunque fattibile a partire dalle stesse registrazioni digitali dei segnali provenienti dai sensori.

Generazione e propagazione delle vibrazioni

In numerosi casi è noto il valore delle vibrazioni emesse ad una breve distanza dalla sorgente delle stesse (binario, macchinario, etc.) e si vuole calcolare, con metodica semplificata, di quanto si attenuerà il livello delle vibrazioni al crescere della distanza dalla fonte.

Come si vedrà, la legge di propagazione dipende in generale in modo rilevante dalla frequenza, quindi non ci si può limitare ad una analisi basata sul solo valore complessivo di accelerazione ponderata. Occorre operare il calcolo a ciascuna frequenza, e ricalcolare poi, ad ogni distanza, il livello di accelerazione ponderato complessivo applicando la solita curva di ponderazione.

Occorre quindi conoscere, a breve distanza dalla sorgente, lo spettro in bande di 1/3 d'ottava del livello di vibrazione generato. A titolo di esempio, le seguenti due figure mostrano lo spettro di emissione di un tram e di una macchina movimento terra, entrambe misurate alla distanza di m 5 dal centro della sorgente.

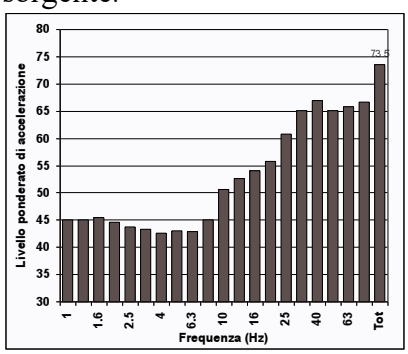


Fig. 11 – spettro vibrazioni tram a 5m dall'asse del binario

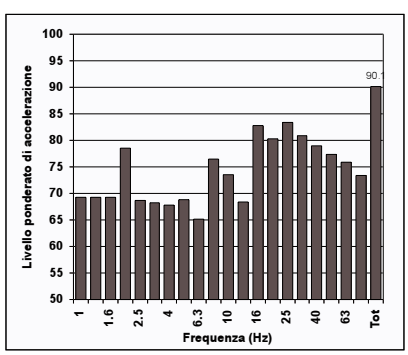


Fig. 12 – spettro vibrazioni ruspa cingolata a 5m

Attenuazione con la distanza

Si deve distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale [1]:

- Onde di compressione (onda P)
- Onde di taglio (onda S)
- Onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L)

I primi due tipi sono onde di volume ("body-waves"), mentre le onde di superficie, come dice il nome, si propagano sull'interfaccia fra due strati con diverse proprietà meccaniche, principalmente quindi sulla superficie di separazione fra terreno ed aria. La seguente figura mostra schematicamente i diversi tipi di onde.

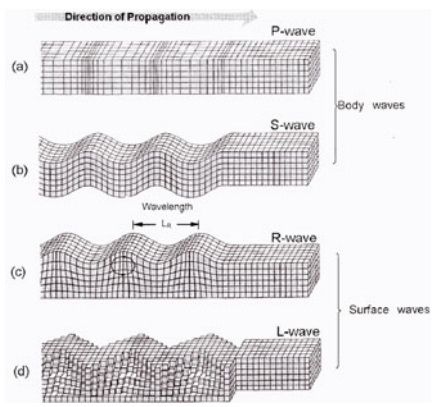


Fig. 13 - Vari tipi di onde di volume e di superficie.

Va anche osservato che il tipo d) (onde L) non viene facilmente eccitato dal transito dei veicoli, in quanto richiederebbe l'imposizione di moti orizzontali alla fonte delle vibrazioni. Nella pratica quindi, si può ritenere che vi sia predominio delle onde di superficie, in particolare di tipo R che corrono sulla interfaccia suolo-aria.

Va inoltre osservato che la velocità di propagazione dei diversi tipi di onde non è la

stessa: le onde di compressione (onde P) sono le più veloci, mentre le onde di taglio e di superficie viaggiano con velocità più basse, in dipendenza del valore del modulo di Poisson del terreno. La seguente figura mostra il rapporto fra velocità di propagazione delle onde P ed R riferito alla velocità di propagazione delle onde di superficie S.

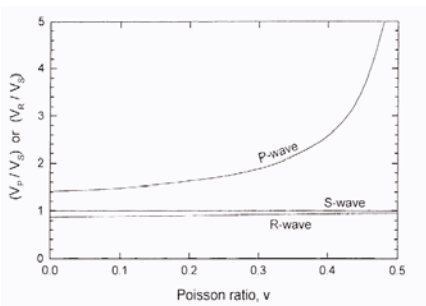


Fig. 14 - Velocità relativa delle onde P ed R rispetto alle onde S

Il modello di propagazione qui impiegato, valido per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R) è basato sulla seguente formulazione [2]:

$$a(d,f) = a(d_0,f)\cdot\left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\cdot\pi\cdot f\cdot\eta/c\cdot(d-d_0)}$$

In cui η è il fattore di perdita del terreno, c la velocità di propagazione in m/s, f la frequenza in Hz, d la distanza in m, e d_0 la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, qui assunta pari a 5m .

L'esponente n varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni. In particolare, la seguente tabella mostra i valori di n:

Values of attenuation coefficient due to radiation damping for various combinations of source location and type (from Ref. [9])

Source location	Source type	Induced wave	*n*
Surface	Point	Body wave	2.0
		Surface wave	0.5
	Infinite line	Body wave	1
		Surface wave	0
In-depth	Point	Body wave	1.0
	Infinite line		0.5

Considerando che, con riferimento all'ottenimento dei livelli massimi, si deve sempre prendere in considerazione una sorgente concentrata, si ha che l'esponente n vale 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie), e 1 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda, come nel caso di fondazione su pali).

Il termine esponenziale rappresenta invece i fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore, che come si vede va crescendo proporzionatamente alla frequenza. Ciò fa sì che le alte frequenze si estinguano dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori. Il rapporto η/c dipende dal particolare tipo di terreno considerato, ed assume valori elevati nel caso di terreno coltivato soffice, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide in CLS.

Con riferimento alla propagazione di onde superficiali non si considera il caso di terreni stratificati, o della presenza di disomogeneità di vario genere che possono ostacolare o favorire la propagazione delle vibrazioni.

A titolo illustrativo, la seguente figura mostra l'attenuazione del livello di accelerazione in funzione della distanza dalla sorgente e della frequenza, avendo ipotizzato un valore di velocità di propagazione c pari a 400 m/s ed un fattore di smorzamento pari a 0.1. Tali valori sono abbastanza tipici della pianura padana, in zone extraurbane coltivate, per propagazione superficiale.

Dalla figura si può osservare come a bassa frequenza l'attenuazione sia modesta anche a distanze notevoli, mentre a frequenze più elevate a qualche decina di metri di distanza dalla sorgente le attenuazioni sono molto grandi.

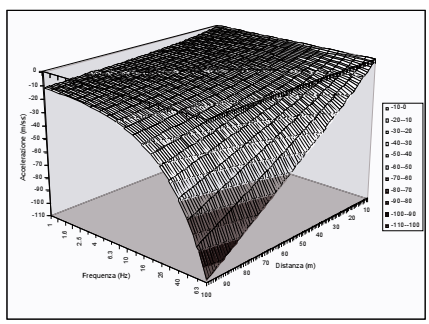


Fig. 15 - Attenuazione in funzione della frequenza e della distanza per onde superficiali.

Nel caso invece di propagazione a partire da sorgente profonda, ipotizzando un terreno ancora omogeneo e con le stesse caratteristiche meccaniche su descritte, si ha una legge di propagazione che mostra una più rapida attenuazione con la distanza, come mostrato dalla seguente figura.

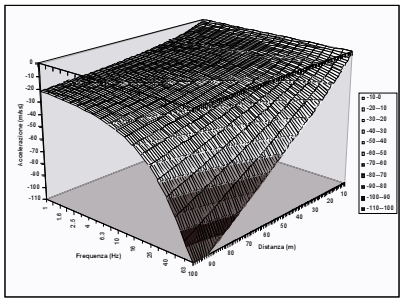


Fig. 16 - Attenuazione in funzione della frequenza e della distanza per onde di volume.

Si supponga ad esempio di calcolare la propagazione della sorgente il cui spettro di emissione a 5m è mostrato in fig. 12 (ruspa cingolata), che avviene mediante propagazione di onde superficiali (n=0.5), su un terreno che ha un fattore di smorzamento h=0.1 ed una velocità di propagazione c pari a 200 m/s. Operando il calcolo con la relazione su riportata, e rivalutando il livello complessivo di accelerazione ponderata a ciascuna distanza, si ottiene la legge di propagazione visibile nella seguente figura:

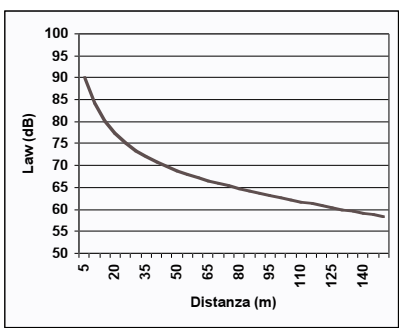


Fig. 17 – Propagazione del livello di accelerazione ponderata – ruspa cingolata

Si deve anche tenere conto che, se nel terreno si hanno superfici di separazione fra strati con diversa impedenza meccanica, una quota di energia viene riflessa da tali superfici di discontinuità e non viene quindi percepita al di là di esse. In particolare, se l'eccitazione avviene al di sotto dello strato superficiale sovraconsolidato, l'interfaccia fra esso ed il terreno incoerente sottostante riduce l'ampiezza delle vibrazioni che riescono ad attraversare tale interfaccia. Il fattore che esprime tale attenuazione, sempre minore di 1, è legato al rapporto fra le impedenze dei due strati (si rammenta che l'impedenza è data dal prodotto fra la velocità di propagazione delle onde di taglio e la densità del materiale). Esso è espresso dalla seguente relazione:

$$F_r = \frac{1 + \dfrac{\rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1}}{2}$$

In cui il pedice 1 si riferisce al materiale con impedenza più bassa dei due. Se ad esempio consideriamo l'interfaccia fra uno strato profondo soffice ed incoerente, con densità ρ_1 pari a 1850 kg/m^3 ed una velocità di propagazione delle onde di taglio pari a 150 m/s, ed uno strato superficiale sovra-consolidato, con densità ρ_2 pari a 1900 kg/m^3 e velocità di propagazione pari a 400 m/s, si ha un fattore di attenuazione per riflessione F_r pari a 0.68, cioè pari a –3.3 dB.

Attenuazioni / amplificazioni nella struttura degli edifici

Il modello semplificato di propagazione illustrato nel precedente paragrafo si riferisce ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato). In presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione di vario genere, accade che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi possono presentare sia attenuazioni, sia amplificazioni rispetto ai livelli sul terreno.

In particolare, diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi. Detto fenomeno è condizionato dalla tipologia delle fondazioni (a platea, su plinti isolati, su travi rovesce, su pali, etc.) . Nel caso di fondazioni a platea la grande area di contatto con il terreno determina una perdita di accoppiamento praticamente di 0 dB alle basse frequenza, sino alla frequenza di risonanza della fondazione.

Per le altre tipologie di fondazioni possono essere utilizzate curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione della fondazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

Va inoltre preso in esame il fenomeno della risonanza strutturale di elementi dei fabbricati, in particolare dei solai: allorché la frequenza di eccitazione coincide con la

frequenza naturale di oscillazione libera della struttura, la stessa manifesta un rilevante aumento dei livelli di vibrazione rispetto a quelli presenti alla base della stessa.

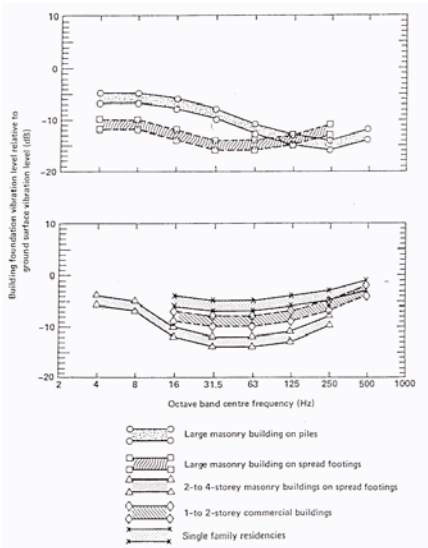


Fig. 18 - Attenuazione dovuta a diversi tipi di fondazione

Nella figura successiva viene evidenziato il possibile campo di amplificazione delle vibrazioni dovuto alla risonanza dei solai, che come si nota oscilla fra 5 e 12 dB nel campo di frequenze rilevanti dal punto di vista ferroviario.

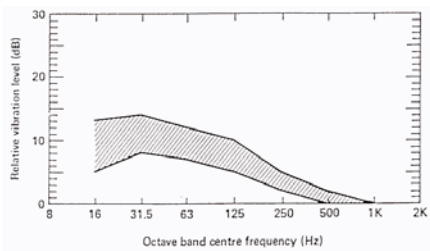


Fig. 18 - Amplificazione prodotta dai solai

Fortunatamente passando da ogni piano a quello sovrastante si verifica una progressiva riduzione dei livelli di vibrazione trasmessi. La figura seguente mostra il campo di variabilità tipico di tale attenuazione interpiano.

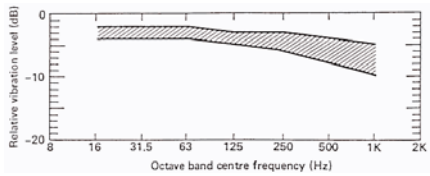


Fig. 19 - Attenuazione da un piano al successivo

Una analisi dei dati disponibili in bibliografia mostra che:

In base ai dati prodotti dalle Ferrovie Tedesche, e desumibili dalla norma DIN 4150, gli incrementi per risonanza possono essere dell'ordine di 3 – 8 volte, con rari casi fino a 15 volte

Le misure di Ishii e Tachibana mostrano una attenuazione interpiano che varia progressivamente da 3 dB ai piani bassi sino a 1 dB negli ultimi piani di un edificio a 10 piani con struttura in CLS armato e acciaio.

Le misure effettuate dalla Ferrovie Svizzere hanno mostrato che mediamente i livelli di accelerazione misurati sui pavimenti sono superiori di circa 5 dB rispetto a quelli misurati sul terreno, in alcuni casi si può arrivare ad un incremento anche di 20 dB nel caso del pavimento del piano terra con frequenza di risonanza di circa 40 Hz.

E' ovvio quindi come l'effetto complessivo di questi fenomeni possa in generare portare ad una variazione dei livelli di vibrazione, misurati al centro dei solai, da 0 a +12 dB rispetto ai livelli sul terreno.

Una stima dell'effetto locale di riduzione/amplificazione di ciascun edificio è possibile parametrizzando gli effetti combinati secondo il seguente schema.

Innanzitutto si valuta l'attenuazione delle fondazioni. Essa viene assunta pari a 0 dB per le fondazioni a platea, a 3 dB per fondazioni su travi rovesce in CLS, ed a 5 dB nel caso di fondazioni in muratura o comunque nel caso di fondazioni che non abbiano capacità di immorsamento.

Si valuta poi l'amplificazione dovuta alla risonanza dei solai. Il valore di base assunto è una amplificazione di 5 dB per solai in laterocemento con frequenza propria di 20 Hz. A questo valore di base si aggiungono i seguenti effetti:

Effetto della variazione della frequenza di risonanza: se la stessa è maggiore di 20 Hz e minore di 40 Hz, si incrementa linearmente il valore di base, che viene fatto variare da 5 dB a 20 Hz sino a 20 dB a 40 Hz

Effetto dell'incastro del solaio:

App. Semplice	-2.0 dB
Inc. Imperfetto	+0.0 dB
Inc. Perfetto	+5.0 dB

Rapporto rigidezza/peso specifico del materiale:

Solaio in laterocem.	+ 0.0 dB
Volte o archi	- 4.0 dB

Spessore del solaio:

h = 40 cm	+8.0	dB
h = 30 cm	+3.0	dB
h = 24 cm	+0.0	dB
h = 12 cm	-2.5	dB

Luce del solaio

L = 10 m	-4.0	dB
L = 7 m	-3.0	dB
L = 5 m	-2.0	dB
L = 4 m	+0.0	dB

L = 3.5 m	+3.0	dB
L = 3.0 m	+8.0	dB

Attenuazione interpiano: si assume prudenzialmente una riduzione di 1 dB per ogni piano al di sopra del piano terra.

Sulla base delle parametrizzazioni suddette, diviene possibile stimare in maniera approssimata per ogni edificio, note le sue caratteristiche costruttive, l'eventuale effetto di amplificazione massima sul solaio più sfavorito.

Conclusioni

Pur in mancanza di una disposizione di legge che stabilisca limiti cogenti per i livelli di vibrazione negli edifici residenziali, esiste in Italia un sostanziale accordo fra tecnici e funzionari delle pubbliche amministrazioni sulla metodica di misurazione, sulle scale di valutazione e sui valori da rispettare.

Questo consente l'effettuazione di valutazioni sperimentali delle vibrazioni negli edifici residenziali, impiegando strumentazione normalizzata e garantendo in tal modo riproducibilità dei risultati e una ragionevole uniformità di applicazione.

Poiché nella maggior parte dei casi i limiti più restrittivi sono quelli legati al disturbo alle persone, conviene in prima istanza impostare la valutazione sulla verifica di tali limiti, cosa che richiede di operare con valori RMS dell'accelerazione ponderata espressi nella scala dei dB.

La norma UNI 9614 indica valori ragionevoli dei limiti da applicare a varie tipologie di edifici, limiti che vengono normalmente rispettati anche in vicinanza delle moderne infrastrutture di trasporto, purché le stesse siano progettate e realizzate con adeguati accorgimenti antivibranti che limitino la fonte l'insorgere di fenomeni vibratori.

Qualora invece si verificasse un significativo superamento dei limiti di disturbo alle persone, potrebbero paventarsi anche incipienti danni strutturali: in questi casi si applica la norma UNI 9916, che porta a valutare il valore di picco della velocità di vibrazione.

Nei casi di valutazione previsionale dell'impatto vibrazionale di sorgenti ancora da realizzare, semplici formule analitiche consentono un calcolo approssimato dell'attenuazione delle vibrazioni a seguito della propagazione nel terreno. Esistono inoltre tabelle e grafici che consentono di stimare parametricamente le attenuazioni o le amplificazioni causate dalle varie componenti strutturali degli edifici. Combinando queste informazioni, è possibile addivenire, con una certa approssimazione (tipicamente +/- 5 dB) ad una stima dei livelli di vibrazioni che si svilupperanno nelle zone più esposte degli edifici potenzialmente impattati.

Tenuto conto dell'incertezza suddetta, si può comunque valutare se la prevista sorgente di vibrazione risulta potenzialmente impattante, oppure se la stessa è sicuramente accettabile (in quanto dà luogo, a calcolo, a valori dei livelli di accelerazione ponderata inferiori ai limiti previsti dalla UNI 9614 di almeno 5 dB).

Bibliografia

[1] G.A. Athanasopoulos, P.C. Pelekis, G.A. Anagnostopoulos – "Effect of soil stiffness in the attenuation of Rayleigh-wave motions from field measurements" - Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19 (2000) 277–288

[2] Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee – "Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations" - Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19 (2000) 115–126

LE PRESTAZIONI FONOISOLANTI DEI TETTI IN LEGNO
I risultati di una ricerca

di Antonino Di Bella, Nicola Granzotto,

Cristian Rinaldi, Andrea Ferro

Sommario
Le incertezze in merito alle modalità di soddisfacimento dei requisiti di legge previsti per l'isolamento acustico degli edifici rendono evidente la necessità di poter disporre, in sede progettuale, di valori prestazionali certi per gli elementi edilizi impiegati, solo in tal modo sarà possibile valutare correttamente, in sede di verifica o, se richiesto, di collaudo, la rispondenza fra gli obiettivi prefissati ed i risultati conseguiti. Inoltre, la conoscenza del potere fonoisolante di un elemento edilizio misurato in condizioni di laboratorio (in assenza di percorsi laterali dell'energia sonora) è alla base dell'applicazione dei metodi previsionali per la valutazione delle prestazioni in opera.
Relativamente a tali metodi, vengono utilizzate le normative tecniche UNI EN 12354-3 [1] e UNI/TR 11175 [2] per la progettazione acustica delle facciate di edifici. I modelli di calcolo descritti richiedono come dati di ingresso i valori di potere fonoisolante di elementi edilizi.
Presso il Laboratorio di Acustica del Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università degli Studi di Padova sono stati ricavati sperimentalmente i valori del potere fonoisolante di venticinque coperture in legno, realizzate con cinque modalità costruttive differenti e che utilizzano come strato di isolamento termico combinazioni di pannelli di vari materiali.

La determinazione in laboratorio del potere fonoisolante
La norma UNI EN ISO 140-3 [3] prescrive il metodo di laboratorio per la determinazione del potere fonoisolante per via aerea di elementi di edificio.
I risultati ottenuti con questo metodo sono rappresentativi delle capacità fonoisolanti caratteristiche di un determinato elemento e possono essere utilizzati per la progettazione, il confronto e la classificazione degli elementi di edificio.
Gli ambienti di misura per la determinazione in laboratorio del potere fonoisolante per via aerea di un elemento di edificio sono costituiti da due camere riverberanti adiacenti, in genere meccanicamente disaccoppiate, rese comunicanti mediante un'apertura di almeno 10 m_ in cui viene collocato l'elemento in prova (Fig. 1).
Una volta installato l'elemento da provare nell'apertura o nel muro di riempimento, viene generato all'interno di una delle camere di prova, mediante una o più sorgenti sonore elettroacustiche, un suono continuo ed uniforme. Si misura quindi il livello medio di pressione sonora sia nella camera trasmittente sia in quella ricevente. La determinazione dei livelli medi di pressione sonora viene effettuata mediante la rilevazione dei livelli sonori in diversi punti degli ambienti e con diverse posizioni delle sorgenti sonore. Viene inoltre misurato il livello del rumore di fondo presente nell'ambiente ricevente ed i tempi medi di riverberazione, onde ricavare l'area di assorbimento acustico equivalente e quindi tenere conto dell'energia sonora assorbita dall'ambiente ricevente.
Il potere fonoisolante, in presenza di campi sonori perfettamente diffusi e quando il suono irradiato nella camera ricevente è trasmesso solamente attraverso l'elemento in prova, viene quindi valutato mediante la relazione

$$R = L_1 - L_2 + 10\lg\frac{S}{A} \quad [\text{dB}]$$

dove L1 è il livello medio di pressione sonora [dB] nella camera trasmittente; L2 è il livello medio di pressione sonora [dB] nella camera ricevente; S è l'area dell'elemento in prova [m^2]; A è l'area di assorbimento acustico equivalente [m^2] nella camera ricevente.
L'area di assorbimento acustico equivalente viene determinata a partire dal tempo di riverberazione, misurato in conformità a quanto pre-

scritto dalla norma UNI EN ISO 354 [5], utilizzando la formula di Sabine

$$A = 0{,}16\frac{V}{T}$$

dove V è il volume dell'ambiente ricevente [m³] e T è il tempo di riverberazione [s] nella camera ricevente.

L'intervallo di frequenze di misura, in bande di terzi d'ottava, va da 100 a 5000 Hz. È possibile estendere l'intervallo alle basse frequenze fino a 50 Hz adottando opportuni accorgimenti di misura.

La norma prescrive, inoltre, i metodi per la misurazione del livello di pressione sonora in ciascun ambiente (posizioni dei microfoni, media temporale, correzione dovuta al rumore di fondo in camera ricevente, qualificazione e posizione delle sorgenti sonore, ecc.).

Nel caso in cui la differenza fra l'energia sonora trasmessa attraverso le strutture del laboratorio e quella trasmessa attraverso l'elemento in prova non fosse di almeno 6 dB o in presenza di qualsiasi percorso di trasmissione dell'energia sonora diverso da quello diretto attraverso l'elemento in prova, la quantità determinata sperimentalmente con il metodo precedentemente esposto è il potere fonoisolante apparente, indicato con il simbolo R'.

Nella determinazione del potere fonoisolante apparente di un elemento di edificio, l'energia sonora trasmessa nell'ambiente ricevente viene correlata all'energia sonora incidente sulla superficie dell'elemento in prova, indipendentemente dai percorsi e dalle condizioni effettive di trasmissione.

Le norme relative alla determinazione in laboratorio delle capacità fonoisolanti di un elemento di edificio prescrivono i contenuti del rapporto di prova di un elemento e le modalità di espressione dei risultati. Lo scopo è quello di rendere chiaramente identificabili i prodotti e facilmente confrontabili e classificabili i risultati delle prove sperimentali.

Tipologie strutturali esaminate, materiali impiegati e tecniche di posa

Le tipologie di coperture esaminate si basano tutte sul medesimo schema strutturale, cioè una orditura di travi in legno di abete di sezione 12x8 cm a supporto di un sistema di orizzontamento, che può essere con un tavolato in legno singolo o doppio con tavole ad incastro "maschio-femmina", con uno o più strati di lastre in cartongesso abbinate ad un pannello isolante o applicate all'intradosso delle travi oppure con tavelle forate in laterizio con giunti stuccati.

Queste tipologie di chiusura inclinata opaca sono fra le più ricorrenti nella realizzazione di coperture leggere in legno.

I materiali impiegati per la realizzazione dello strato isolante intermedio delle diverse coperture sono

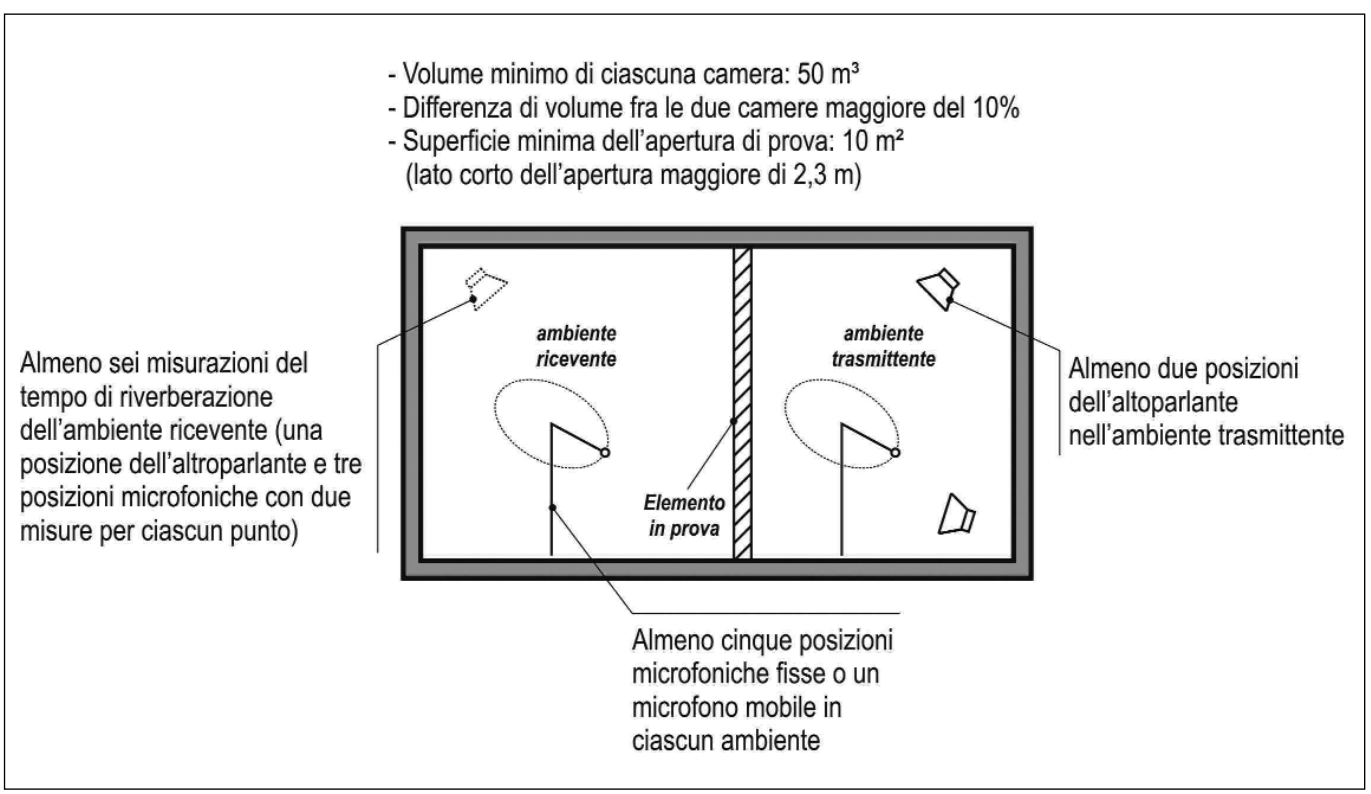


Figura 1 - schematizzazione delle camere riverberanti e principali prescrizioni per la misura del potere fonoisolante di elementi verticali di edificio secondo la norma UNI EN ISO 140 parte 3

Codice identificativo	*Materiale*
Tav	tavolato in legno di abete con giunzione “maschio-femmina”, spessore 20/25 mm
Lat	tavelle in laterizio 250x500 mm, spessore 30 mm
CG(*X*)	lastra in cartongesso, spessore 9/12,5/15 mm
N(*X*)	lana di legno di abete mineralizzata, densità media 410 kg/m_, spessore 20/25/30/50 mm
CG/F	N50 accoppiato ad una lastra in cartongesso, spessore totale 62,5 mm
LC/30-60	lana di canapa e fibra di poliestere, densità 30 kg/m^3, spessore 60 mm
LC/110-40	lana di canapa e fibra di poliestere, densità 110 kg/m^3, spessore 40 mm
FL/45-60	fibre di legno pressate, densità 45 kg/m^3, spessore 60 mm
FL/120-(*X*)	fibre di legno pressate, densità 100 kg/m^3, spessore 40/80 mm
FL/150-(*X*)	fibre di legno pressate, densità 150 kg/m^3, spessore 40/60/80 mm
LS-40	sughero granulato bruno espanso, densità 105 kg/m^3, spessore 40 mm
LSC-40	sughero granulato naturale compresso, densità 170 kg/m^3, spessore 40 mm

Tabella 1 - Codici identificativi e descrizione dei materiali impiegati per la realizzazione delle coperture

elencati nella tabella 1.
Su questi è stata applicata una guaina traspirante, composta da un materassino di fibre libere di polietilene HDPE compresse fra di loro, ed una chiusura continua in lastre ondulate a base di fibre naturali bituminate fissate su moraletti in legno di sezione 2x8 cm con passo di circa 40 cm (Fig. 2).
Le coperture sono state installate in verticale all’interno dell’apertura di prova del Laboratorio di Acustica del Dipartimento di Fisica Tecnica dell’Università degli Studi di Padova. Il montaggio è stato effettuato seguendo il normale schema di posa di questo tipo di elementi. Le travi sono state allineate per mezzo di dime orizzontali e fissate alle estremità con squadrette metalliche, il

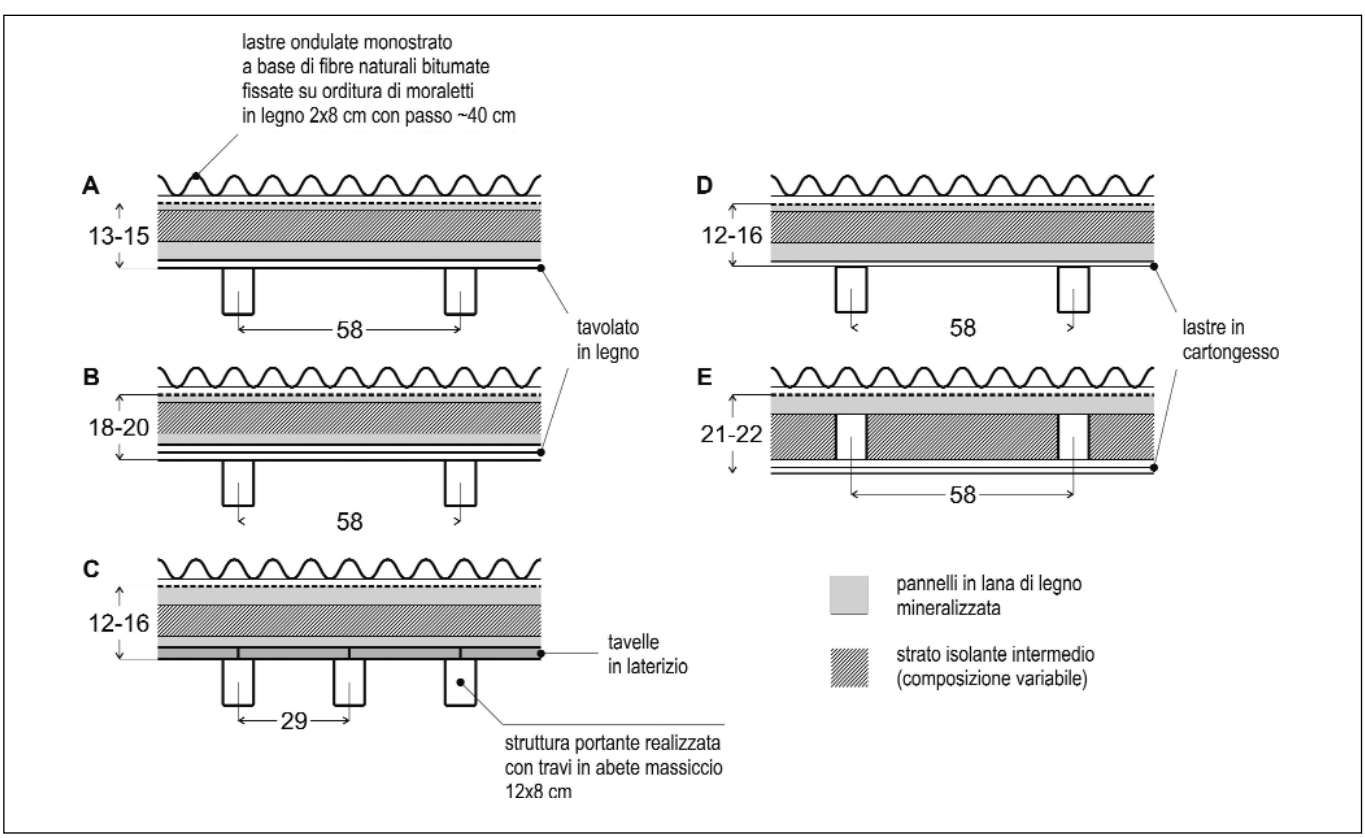


Figura 2 - Stratigrafia degli elementi di copertura. La composizione dello strato isolante intermedio varia in base alla combinazione dei materiali utilizzati per ciascuna configurazione

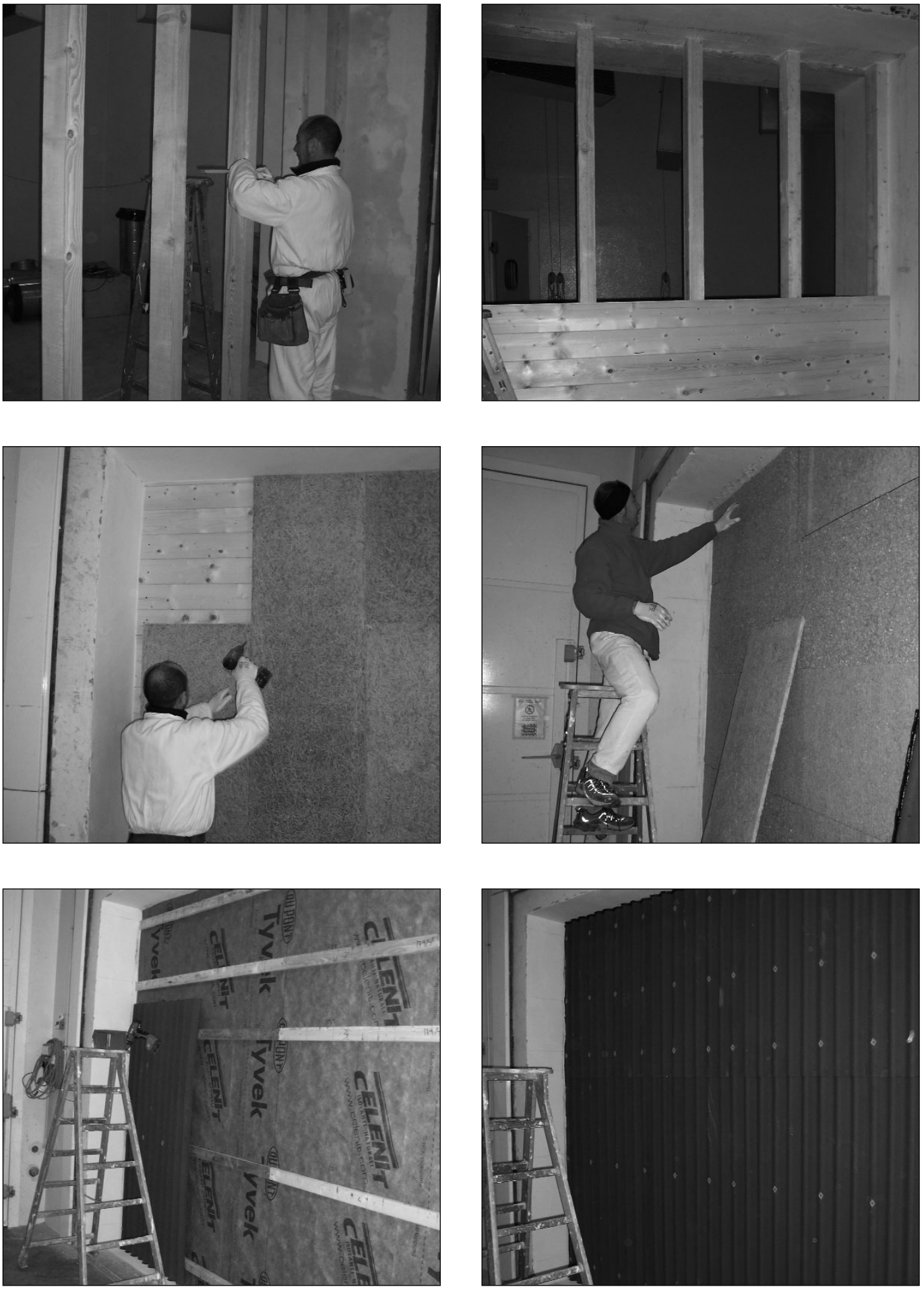


Figura 3 - Esempio di montaggio in verticale di un elemento di copertura all'interno del laboratorio

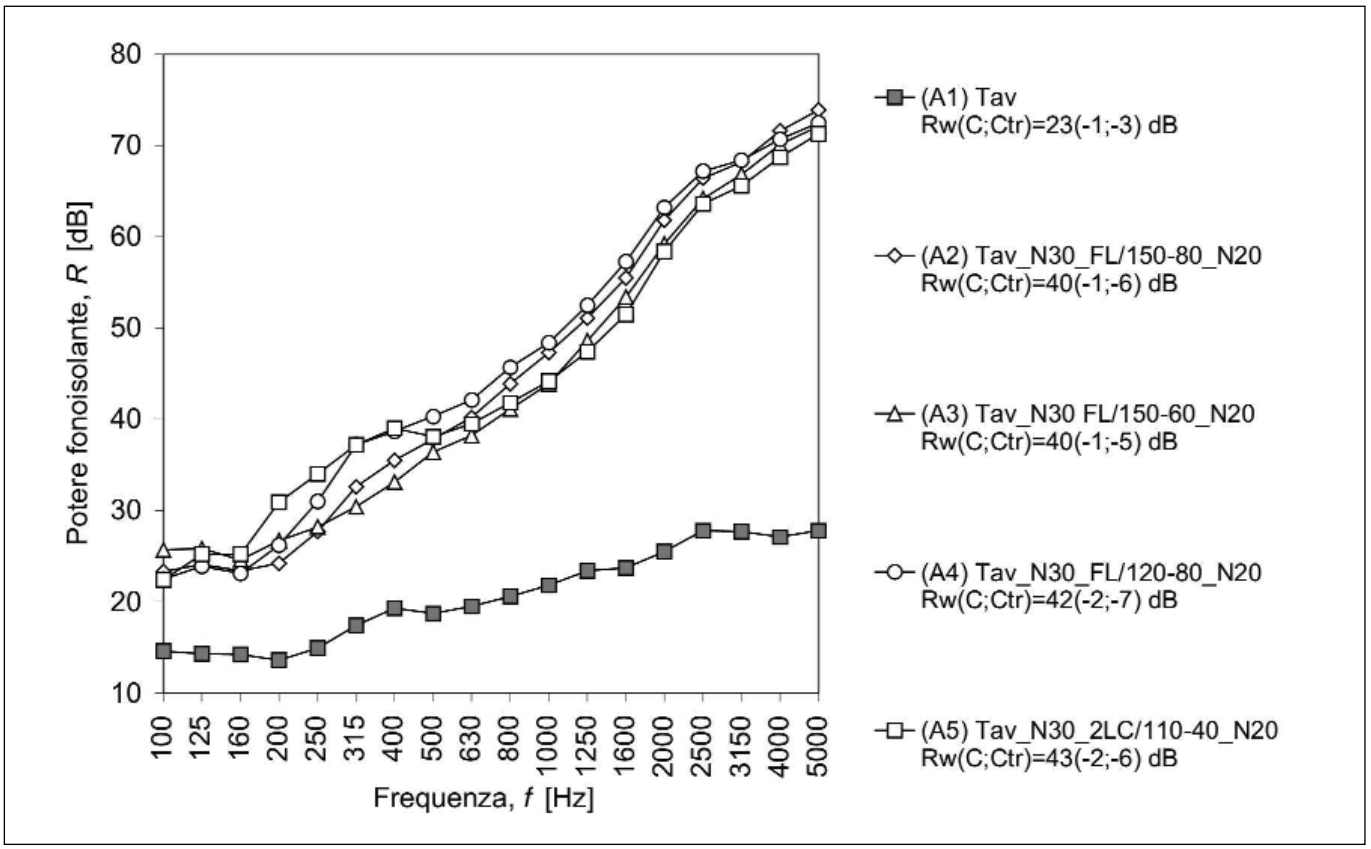


Figura 4 - Confronto tra il potere fonoisolante degli elementi della tipologia "A". A titolo comparativo viene riportato anche il potere fonoisolante del solo strato di orizzontamento (A1)

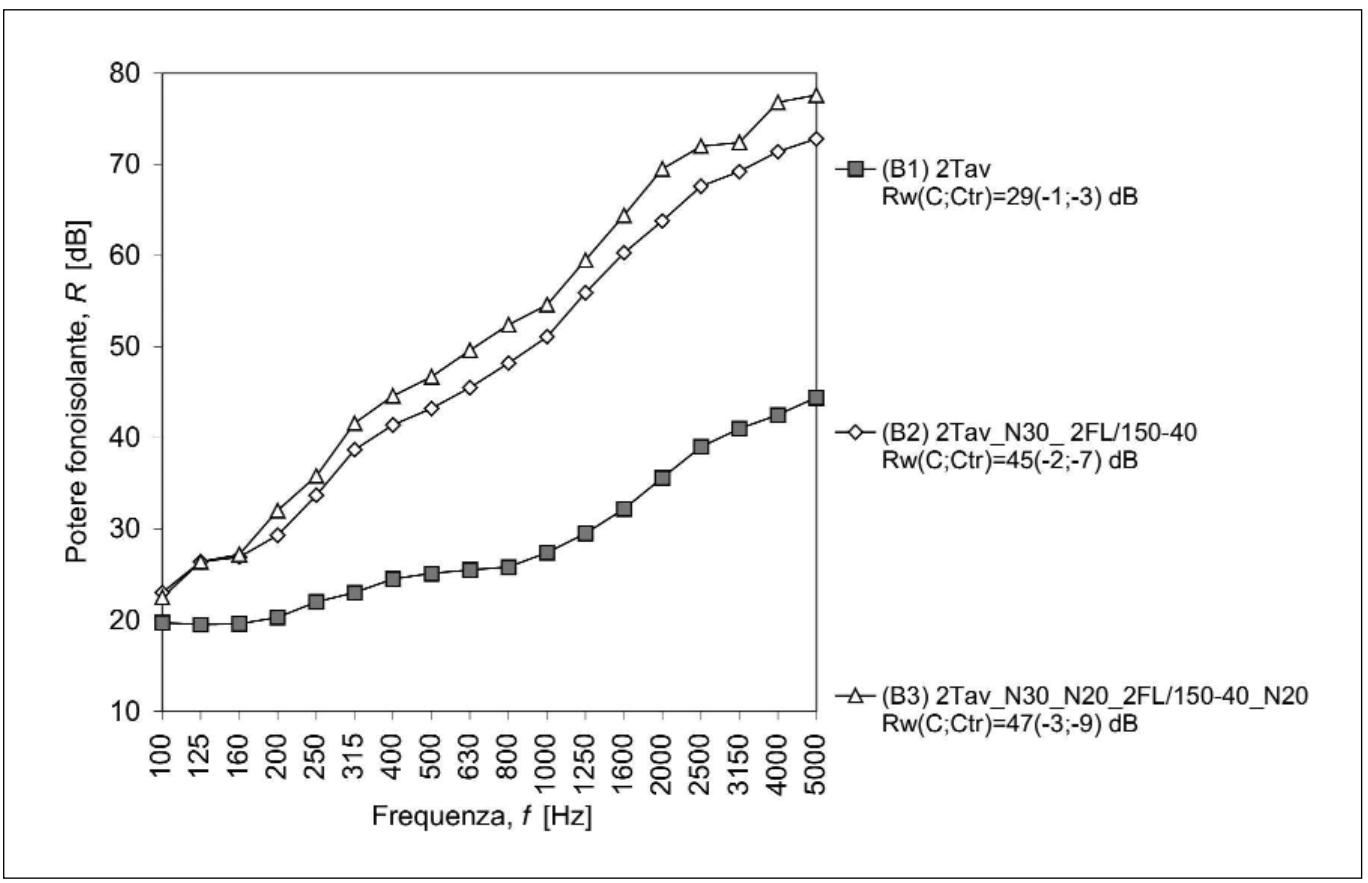


Figura 5 - Confronto tra il potere fonoisolante degli elementi della tipologia "B". A titolo comparativo viene riportato anche il potere fonoisolante del solo strato di orizzontamento (B1)

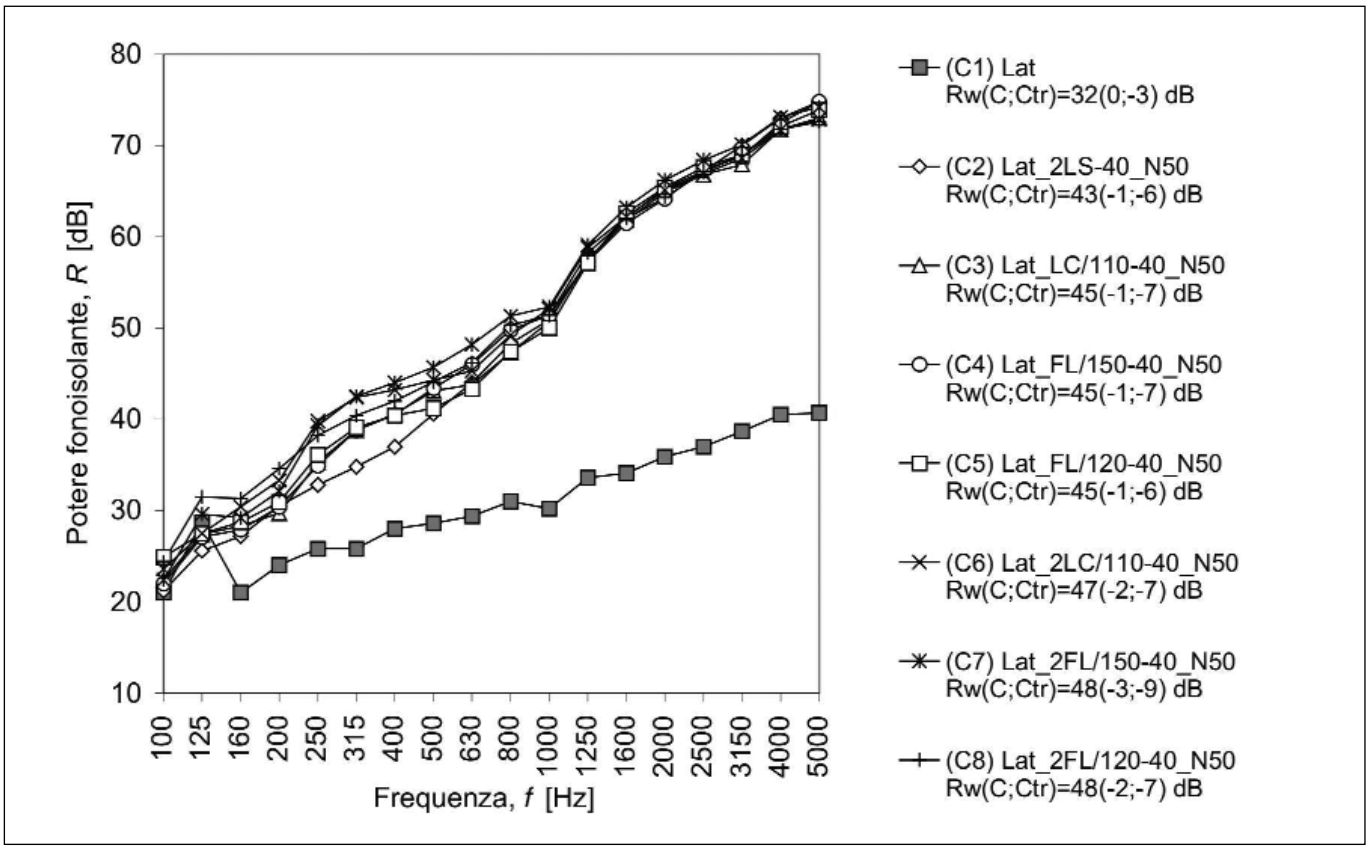


Figura 6 - Confronto tra il potere fonoisolante degli elementi della tipologia "C". A titolo comparativo viene riportato anche il potere fonoisolante del solo strato di orizzontamento (C1)

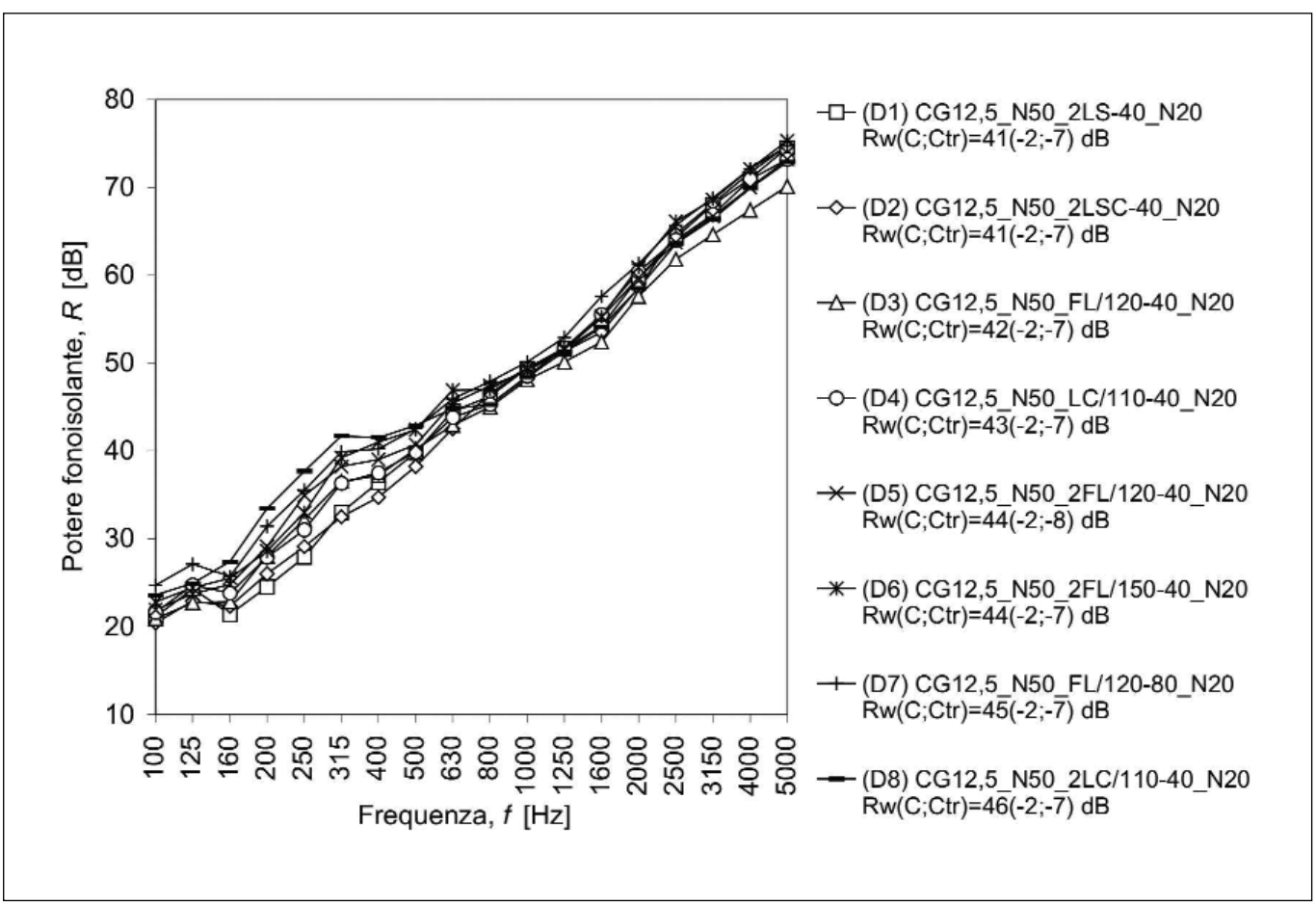


Figura 7 – Confronto tra il potere fonoisolante degli elementi della tipologia "D"

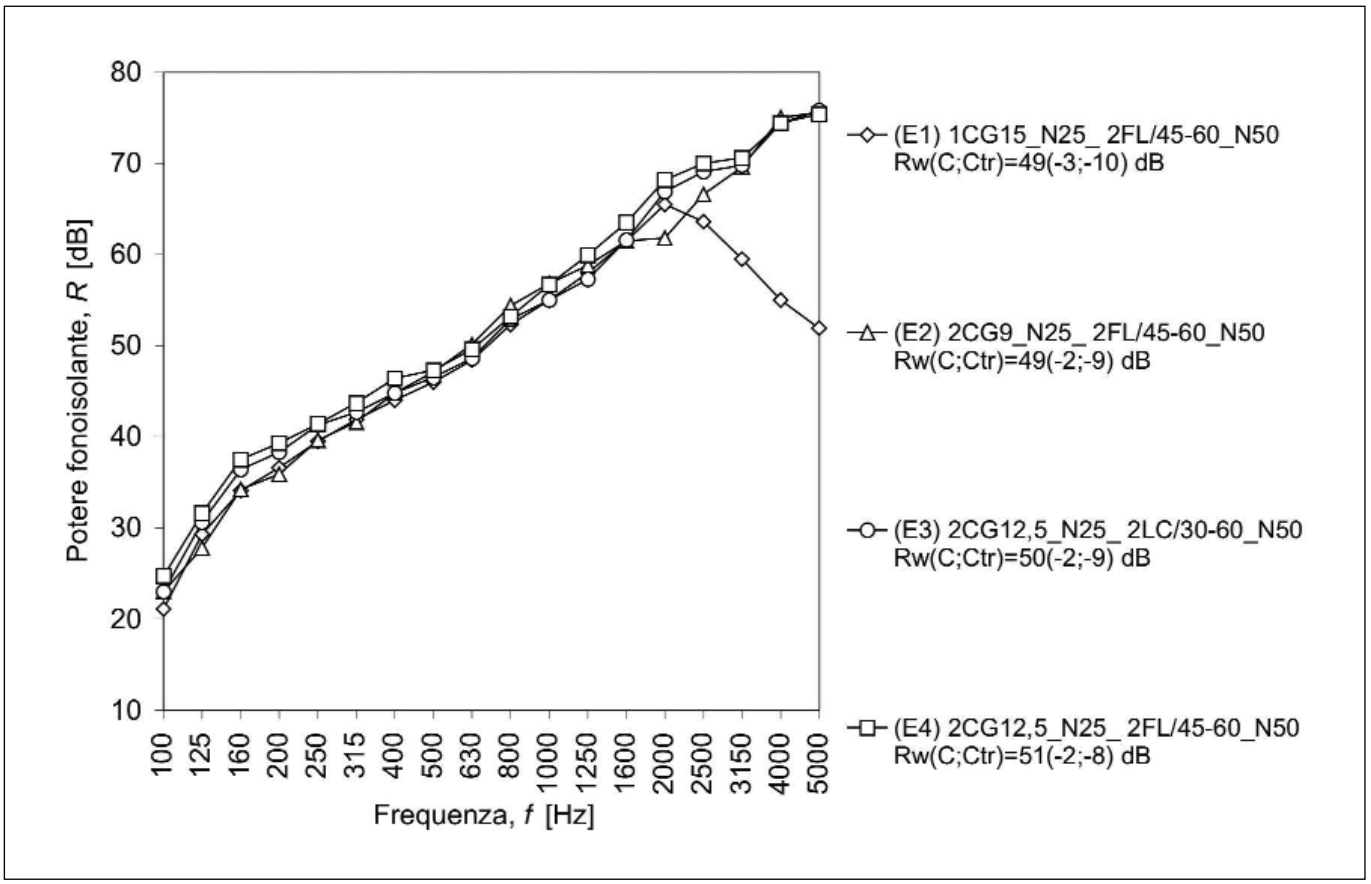


Figura 8 - Confronto tra il potere fonoisolante degli elementi della tipologia "E"

tavolato delle configurazioni "A" e "B" (rispettivamente semplice e doppio) è stato avvitato direttamente sulle travi, così come le lastre in cartongesso delle tipologie "D" e "E" (rispettivamente all'estradosso e all'intradosso della struttura).
Le tavelle in laterizio della tipologia "C" sono state fissate con colla a base di gesso e successivamente stuccate. I materiali isolanti sono stati fissati con viti o tasselli con testa a fungo. Sia gli elementi di orizzontamento che la chiusura continua in lastre ondulate a base di fibre naturali bituminate sono stati sigillati al perimetro mediante l'applicazione di silicone o di resina acrilica (Fig. 3).

Risultati sperimentali

Vengono di seguito riportati i risultati sperimentali raggruppati per tipologia di copertura (Figg. 4-8). Per ciascun elemento viene specificata la stratigrafia (con riferimento ai codici identificativi riportati in tabella 1), l'indice mononumerico di valutazione del potere fonoisolante Rw ed i termini di adattamento dello spettro C e Ctr [4].

Conclusioni

I risultati sperimentali mostrano un andamento in frequenza del potere fonoisolante sostanzialmente analogo per tutte le tipologie di copertura analizzate. Tuttavia, la diversificazione della stratigrafia (a cui è associata una contenuta variazione della massa superficiale degli elementi) è tale da indurre rilevanti variazioni dell'indice di valutazione del potere fonoisolante (Fig. 9).
Tali dati, in combinazione con quelli degli elementi trasparenti di copertura (finestre da tetto, lucernai, abbaini, ecc.), permettono una corretta applicazione dei metodi previsionali per la valutazione delle prestazioni di fonoisolamento dell'involucro edilizio nel caso di sottotetti abitati.

Bibliografia

[1] UNI EN 12354-3:2002, Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea.
[2] UNI/TR 11175:2005, Acustica in edilizia. Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale.
[3] UNI EN ISO 140-3:1997, Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio.
[4] UNI EN ISO 717-1:1997, Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea.

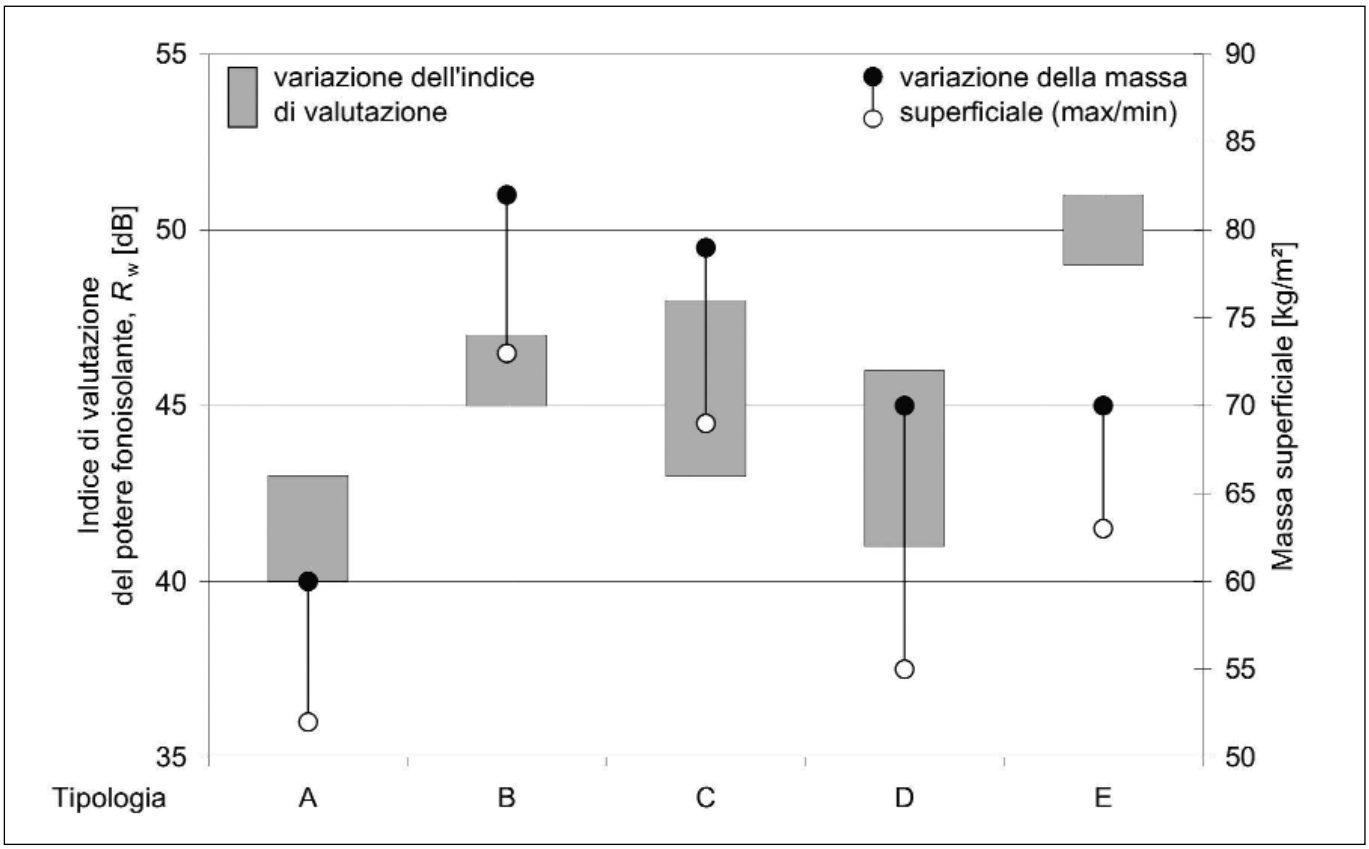


Figura 9 - Variazione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante confrontata con la variazione di massa superficiale per le differenti varianti di ciascuna tipologia analizzata

Software Echo 5.0

Il nuovo strumento realizzato da ANIT per il calcolo dei requisiti acustici passivi degli edifici definiti nel D.P.C.M. 5-12-1997.

Echo 5.0, sviluppato sulla base delle norme tecniche UNI EN 12354, consente di effettuare il calcolo dei requisiti acustici passivi per bande di frequenza in terzo d'ottave e per indici di valutazione.
Il software permette di analizzare:

- Indice del potere fonoisolante in opera di partizioni fra ambienti - R'_w
- Indice dell'isolamento acustico di facciata - D_{2mnTw}
- Indice del livello di rumore da calpestio di solai in opera - L'_{nw}
- Tempo di riverberazione dei locali - T_{60}

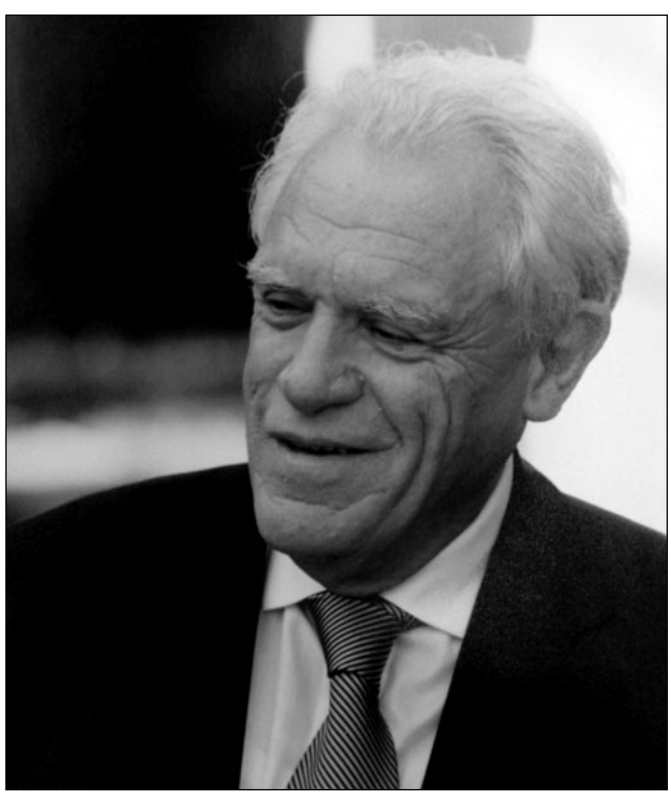
Ulteriori informazioni sul sito www.anit.it

PassivHaus

Evoluzione energetica e comfort ambientale negli edifici italiani
A cura di Cristina Carletti e Fabio Sciupi
Pitagora Editrice, Bologna 2005
182 pagg, 17 euro

Recente pubblicazione dell'interessante volume PH, Evoluzione energetica e comfort ambientale negli edifici italiani a cura di Cristina Carletti e Fabio Sciurpi, ricercatori in Fisica Tecnica presso il Dipartimento di Tecnologie dell'Architettura e Design dell'Università di Firenze.
Apre con una presentazione il Dott. Wolfang Feist, fondatore del PassivHausInstitut e intervengono con approfondimenti specialisti del settore per illustrare l'evoluzione normativa italiana ed europea, diversi esempi di realizzazioni italiane di edifici solari, di riqualificazione energetica e i possibili interventi in area mediterranea per migliorare le prestazioni energetiche dell'esistente.
In allegato anche la versione CD-rom.

E' mancato Ugo Magrini



Va ricordato come autore di numerose pubblicazioni scientifiche frutto di una assidua attività di ricerca nell'ambito universitario sui principali temi della fisica tecnica. Per la rilevanza del suo lavoro e per le doti umane e organizzative è stato apprezzato come direttore dell'Istituto di Fisica tecnica e impianti dell'Università di Genova, come Presidente del Sottocomitato 1 del CTI al tempo della promulgazione della legge 373/76 alla cui formulazione ha dato un valido e decisivo contributo, come vicepresidente della Commissione Centrale Tecnica del CTI e di altri enti e comitati scientifici.
Tuttavia a me piace ricordarlo di più come uomo di grande levatura morale e intellettuale, simpatico e di piacevole compagnia, appassionato velista , amante della natura , della buona tavola e della musica. Un uomo che ha saputo attraversare il percorso della vita con stile e sobrietà lasciando dietro di se stima e affetto.

Sergio Mammi

Con il patrocinio del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio

Scheda di prenotazione corsi ANIT

I corsi ANIT sono organizzati dalla TEP srl con l'accordo degli organismi professionali e degli Enti locali. La quota di partecipazione comprende la didattica, le dispense, i software specifici, la colazione di lavoro e il coffee-break.
I soci ANIT con una quota d'iscrizione annuale € 110,00 (+ IVA), usufruiscono di uno sconto del 20% sul prezzo del corso. Per prenotarsi **senza impegno** inviare la scheda, barrando le caselle di interesse. Il versamento della quota dovrà avvenire alla conferma dell'effettuazione del corso da parte della segreteria organizzativa (al raggiungimento del numero minimo di partecipanti), entro 7 giorni dalla data di effettuazione.

Legge 192

PROGRAMMA

Modulo 1
Edificio e dispersioni energetiche
Concetto di risparmio energetico in edilizia
Quadro di riferimento normativo europeo e documenti attuativi del Dlgs l92
Calcolo della trasmittanza secondo le norme UNI EN 6946
Utilizzo del software PAN (parte TRAX)
Calcolo dei ponti termici
Esempio di calcolo con il metodo agli elementi finiti e software KOBRA

Modulo 2
Verifiche prestazioni invernali Dlgs 192
Quadro normativo di riferimento
Il fabbisogno energetico primario per il riscaldamento: FEP
Il calcolo dei rendimenti degli impianti
Verifica del FEP e dei rendimenti secondo Dlgs 192: esempio di calcolo
Esempio di calcolo con il software SOLVER 2.0
Altre prescrizioni della Legge: termoregolazione, predisposizione impianti solari, ecc.

Modulo 3
Verifiche prestazioni estive e igrotermiche
Norma UNI 10350 e UNI EN 13788
Utilizzo del software PAN (parte VAP)
Comportamento estivo negli ambienti
Sfasamento e attenuazione delle strutture opache
Norma UNI 10375 e UNI EN 13792
Utilizzo del software TEMPAIR per il calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti
Predisposizione degli impianti solari

Documentazione: dispensa, software relativo al modulo
Durata di un modulo: 1 giorno (8 ore)
Costo per modulo: 180 euro + IVA 20%
Costo del corso complessivo: 480 euro + IVA 20%
Soci ANIT sconto 20%

Certificazione energetica degli edifici

PROGRAMMA

Modulo 1
Introduzione e quadro di riferimento normativo, legislativo e tecnico. (Direttiva 02/91)
Evoluzione della normativa (UNI e CEN).
L'involucro; i parametri che influenzano le presta zioni energetiche e la loro importanza relativa.
Esame delle tipologie costruttive.
Metodologie per individuare le tipologie costruttive.
Caratteristiche dei materiali in regime di trasmissione stazionario e variabile.
Le linee guida UNI-CTI.

Modulo 2
L'impianto di riscaldamento e produzione di ACS
Tipologie di generazione, distribuzione, terminali e regolazione e controllo.
Aspetti operativi.
Esempi di certificazione.

Modulo 3
Il concetto di comfort - Comfort adattativo.
L'impianto di climatizzazione
Tipologie di generazione del freddo, distribuzione, terminali e regolazione e controllo.
L'illuminazione naturale.
Efficienza degli impianti di illuminazione artificiale.

Documentazione: dispensa e software *PAN, SOLVER E KOBRA.*
Relatori: Ing. Sergio Mammi
Ing. Laurent Socal
Prof. Giuliano Dall'O'
Prof. Paolo Oliaro, Prof. Vincenzo Corrado
Durata: 3 giorni (24 ore) Costo: € 480 + IVA 20%
Soci ANIT sconto 20%

Acustica in edilizia

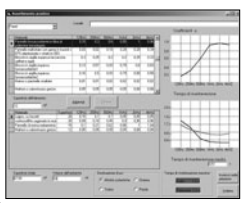
PROGRAMMA

Modulo 1
Nozioni teoriche fondamentali.
Fonoassorbimento.
Trattamento acustico degli ambienti.
Rumore degli impianti.

Modulo 2
Quadro di riferimento normativo.
Isolamento acustico, pareti, contropareti, controsoffitti. Stima R'w.
Isolamento acustico pavimenti.
Isolamento acustico facciata, componenti finestrati, piccoli elementi.
Software Echo 5.0.

Modulo 3
Le problematiche del rumore nell'ambiente esterno, valutazioni di clima e di impatto acustico.
Disturbo da rumore, aspetti civilistici e pubblicistici.
La figura del tecnico competente in acustica ambientale.
Misure in opera e strumenti di misura.
Dibattito e commenti di chiusura

Documentazione: dispensa del corso su CD-ROM e software ECHO 5.0.
Relatori: Ing. Sergio Mammi
Prof. Paolo Oliaro
Dott. Mario Novo
Prof. Lamberto Tronchin
Andrea Cerniglia



Prezzo di 1 modulo (8 ore): 180 euro + IVA 20%
Prezzo corso complessivo: € 480 + IVA 20%
Soci ANIT sconto 20%

Workshop

Per mettere in pratica le nozioni teoriche apprese al Corso di Acustica ANIT, l'Associazione organizza un workshop, della durata di un giorno

PROGRAMMA
Richiami sulle nozioni teoriche.
Dimostrazioni pratiche di posa di pareti leggere.
Misurazioni in opera del potere fonoisolante, del rumore di calpestio e del tempo di riverberazione.
Documentazione: dispensa della giornata su CD-ROM.
Prezzo di 1 modulo (8 ore): 180 € + IVA 20%
Soci ANIT sconto 20%

Case a basso consumo

PROGRAMMA

Modulo 1
Climatologia, radiazione solare
Bioclimatica: collocazione dell'edificio, forma e orientamento, distribuzione spazi interni
Condizione di benessere ambientale: temperatura e umidità dell'aria, benessere adattativo
Bilancio energetico degli edifici, fabbisogno energetico in regime permanente e stazionario
La ventilazione meccanica controllata e il recupero di calore.

Modulo 2
Edificio a basso consumo: parte opaca dell'involucro, l' isolamento termico
Edificio a basso consumo: la parte trasparente dell'involucro, il serramento.

Modulo 3
Integrazioni impiantistiche: solare, fotovoltaico, geotermia, pompe di calore.
Esercitazione applicativa di progetto

Modulo 4
Simulazione delle prestazioni energetiche dell'edificio, software Visual DOE
Progettazione di edifici passivi, esempi pratici
Criteri di sostenibilità

Documentazione: dispensa
Prezzo di 1 modulo (8 ore): 180 euro + IVA 20%
Prezzo del corso complessivo (32 ore): 640 euro + IVA 20%
Soci ANIT sconto 20%

Igrometria e ponti termici

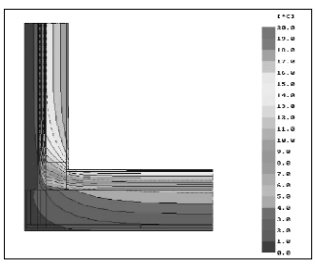
PROGRAMMA

Modulo 1
Cause dell'umidità in edilizia e risanamento
Comportamento aria umida - diagramma psicrometrico
Fenomeni di condensa superficiale
Norma UNI 10350
Utilizzo del software PAN (esempi applicativi)
Ponti termici: teoria
Norma UNI 7357 FA 3
Esempi di applicazione con il metodo degli elementi finiti con il programma ALGOR
Correzione dei ponti termici e case story
Utilizzo del software *KOBRA*

Modulo 2
Qualità dell'aria interna e concentrazione di vapore
Ventilazione naturale
Sistemi di ventilazione meccanica
Trasmissione del vapore: metodo di Glaser
Utilizzo del software PAN (esempi applicativi)

Documentazione: dispensa, software *PAN* e *KOBRA*

Relatori: Ing. Sergio Mammi
Ing. Rossella Esposti



Prezzo di 1 modulo: € 180 + IVA 20%
Prezzo intero corso: € 240 + IVA 20%
Soci ANIT sconto 20%

Materiali termoisolanti

PROGRAMMA

Modulo Unico
Concetto di isolamento termico
La conduttività termica
Materiali isolanti: naturali-sintetici, organici-inorganici, fibrosi-porosi-cellulari
Materiali isolanti innovativi
Caratteristiche e prestazioni essenziali e specifiche
Tecnologie produttive
Uso del servizio on-line *ANITTEL* per la scelta del materiale isolante
Confronto prestazionale
Norme EN di riferimento, certificazione, marchio CE
Principali tecnologie applicative

Documentazione: Volume su isolamento termico

Relatori: Ing. Sergio Mammi

Prezzo del corso (8 ore) Costo: € 200 + IVA 20%
Soci ANIT sconto 20%

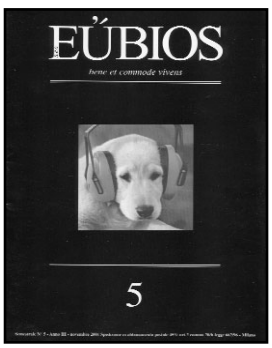
Modalità di acquisto delle pubblicazioni, dei software e iscrizione ai corsi

On-line: collegandosi al sito www.anittep.it entrando nell'e-commerce - pagamento con carta di credito
Versamento postale:
c/c postale n. 38879201 intestato a TEP srl - Via Matteo Civitali, 77 - 20148 Milano, indicare P.IVA o Codice fiscale nella causale.
Bonifico Bancario:
sul conto corrente bancario n. 000013435104 intestato a TEP srl presso Banca Intesa SpA - ag. 15, Via Cesare Battisti, 11 - 20122 Milano - CIN L - ABI 03069 - CAB 09483 inviando copia via Fax al N° 02 40.07.02.01 specificando i dati per la spedizione, per la fatturazione e il tipo di acquisto

Iscrizione ANIT 2006 (vedi 3ª di copertina)

132,00 euro*

RIVISTA neo-EUBIOS



prezzo € 24,00

gratuito per soci Anit

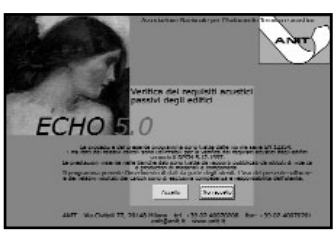
Abbonamento a 4 numeri della rivista neo-EUBIOS

VOLUME I: I MATERIALI ISOLANTI

prezzo € 20,00
gratuito per soci Anit

Il primo volume di quattro sull'isolamento termico e acustico contiene: meccanismi di trasmissione del calore, la reazione al fuoco e le schede di 27 materiali isolanti con le relative caratteristiche principali.

SOFTWARE ECHO 5.0

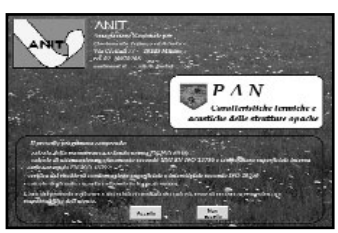


prezzo € 150,00

gratuito per soci Anit

Progettazione e verifica delle caratteristiche acustiche degli edifici, secondo DPCM 5.12.97.
I calcoli possono essere eseguiti anche per frequenza nella versione aggiornata 2006.

SOFTWARE PAN 2.0



prezzo € 120,00

gratuito per soci Anit

Permette il calcolo dei parametri invernali ed estivi delle strutture opache: trasmittanza, sfasamento e di attenuazione. E consente la verifica dei rischi di condensa superficiale e interstiziale in accordo con UNI 10350 e UNI EN ISO 13788.

SOFTWARE SOLVER 192

prezzo € 150,00

gratuito per soci Anit

Calcolo e verifica delle prestazioni energetiche dell'involucro edilizio unito al sistema impianto: calcolo del FEP e classificazione energetica dell'edificio. Il software comprende banche dati sui dati climatici sulle caratteristiche dei materiali da costruzione più comuni.

SOFTWARE KOBRA

prezzo € 60,00

gratuito per soci Anit

Permette la verifica della condensa superficiale nei ponti termici.

*I costi sono comprensivi di IVA al 20%